

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Robert Schindelarz

# **Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie

Zaměření: obrábění a montáž

**Vliv procesních kapalin od firmy PARAMO, a. s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli.**

**The effect of procedural liquids by PARAMO a.s. company on shelf-life of tool and surface roughness during miling of stainless steel.**

**KOM – 1205**

***Robert Schindelarz***

Vedoucí práce: Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc. - TUL

Konzultant: Ing. Pavel Venzara - TUL

Počet stran: 62

Počet příloh: 1

Počet tabulek: 19

Počet grafů: 16

Počet obrázků: 26

4. ledna 2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Robert SCHINDELARZ**  
Studijní program : B2341 Strojírenství  
Obor : 3911R018 Materiály a technologie  
Zaměření : Obrábění a montáž

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Vliv procesních kapalin od firmy PARAMO, a. s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli**

Zásady pro vypracování :

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Shrnutí poznatků o klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin.
2. Hlavní mechanismy opotřebení břitů nástroje, definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, Taylorův vztah, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při frézování, integrita povrchu, metody měření drsnosti povrchu.
3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při frézování nerezové oceli v laboratoři KOM FS TUL.
4. Porovnávání trvanlivosti nástroje při použití různých procesních kapalin při frézování.
5. Výzkum vlivu různých procesních kapalin na drsnost povrchu při frézování.
6. Analýza laboratorních výsledků; vyvození závěrů.



Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : cca 30 stran textu

- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu) :

1. LICEK, R., POPOV, A. Modern fluids and tool materials for turning of construction steel. *Manufacturing Engineering*. Rec. M. Havrila aj. roč. 10, červen 2011, č. 2., s. 42 - 44. ISSN 1335-7972.
2. MÁDL, J. Řezné kapaliny v současné technologii obrábění. In: *Sborník vědeckých prací*. 1. vyd. Ekologie obrábění, Strojírenská technologie knihovnička, 2000, s. 9. - 18. ISBN 80-7044-232-8.
3. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Rec. P. Holubář, V. Šída. 1. vyd. Praha: MM publishing s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
4. SANDVIK Coromant, Sandviken: *Technická příručka obrábění – soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*. 2005. 601 s.
5. KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, s.r.o., prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
6. HOLEŠOVSKÝ, F., DUŠÁK, K., JERSÁK, J., aj. *Terminologie obrábění a montáže*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, ÚTRV, 2005. 208 s. ISBN 80- 7044-616-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Pavel Venzara

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry



Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan

V Liberci, dne 19. 10. 2012



**Vliv procesních kapalin od firmy PARAMO, a. s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli.**

*ANOTACE:*

Práce shrnuje informace o procesních kapalinách, jejich vlastnostech a charakteristikách, trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, drsnost povrchu nástroje, metodách jejího měření.

Práce se zabývá vlivem procesních kapalin na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli. Je zde v laboratorních podmínkách zjišťován vliv konkrétních procesních kapalin na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu a jsou zde zachyceny výsledky laboratorních zkoušek včetně doporučení pro průmyslové zkoušky.

**Klíčová slova. : PROCESNÍ KAPALINY, TRVANLIVOST NÁSTROJE, DRSNOST POVRCHU**

**The effect of procedural liquids by PARAMO a.s. company on shelf-life of tool and surface roughness during miling of stainless steel.**

*ANNOTATION:*

This bachelor work summarizes information about procedural liquids, their properties and attributes, shelf-life of tool during chip machining, roughness of tools surface and about methods of its measuring.

The bachelor work looks into the effect of procedural liquids on shelf- life of tool and on surface roughness during miling of stainless steel. The effect of particular procedural liquids on shelf- life of tool and surface roughness are researched in laboratory conditions. Also there are written the results of laboratory tests including my own recomendation for industrial production.

**Keywords: PROCEDULAR LIQUIDS, SHELF-LIFE OF TOOL, SURFACE ROUGHNESS**

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2013

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	62
Počet příloh:	1
Počet obrázků:	26
Počet tabulek:	19
Počet grafů:	16

## ***MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ***

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářské práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 4. ledna 2013

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Alexeyi Popovovi, DrSc. za pomoc, cenné rady, připomínky a odborné vedení práce.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi bakalářské práce panu Ing. Pavlu Venzarovi za poskytnutou pomoc a věcné rady.

Též děkuji panu Ing. Jiřímu Karáskovi za pomoc v laboratoři metrologie, panu Ing. Miloslavu Ledvinovi za pomoc v dílnách a dalším pracovníkům katedry obrábění a montáže za pomoc při řešení vyskytlých problémů.

V neposlední řadě patří můj velký dík také svým rodičům za velkou trpělivost a podporu při mém studijním úsilí.

Robert Schindelarz

## Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka / Symbol	Jednotka	Popis
$a_e$	[mm]	šířka pracovního záběru
$a_p$	[mm]	hloubka řezu
$C_T$	[-]	konstanta Taylorova vztahu
$C_v$	[-]	konstanta Taylorova vztahu
$D$	[mm]	průměr nástroje v řezu
$F$		síla
$f_n$	[mm]	posuv na otáčku
$f_z$	[mm]	posuv na zub
HB	[-]	tvrdost podle Brinella
HK	[-]	tvrdost podle Knoop
HR	[-]	tvrdost podle Rockwella
HS	[-]	tvrdost podle Shoor
HV	[-]	tvrdost podle Vickerse
$l$	[mm]	měřená délka obrábění
$l_r$	[mm]	základní délka
$l_n$	[mm]	vyhodnocovaná délka
$l_t$	[mm]	celková délka
$L$	[mm]	celková naměřená obrobená délka
KB	[mm]	šířka žlábků na čele
KL	[mm]	vzdálenost od ostří k okraji žlábků
KM	[mm]	vzdálenost od ostří ke středu žlábků
KT	[mm]	hloubka žlábků na čele
$k$	[%]	koncentrace
PK	[-]	procesní kapalina
$m$	[-]	exponent Taylorova vztahu
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky nástroje
$p$	[-]	celkový počet hodnot
$q$	[-]	konstanta pro úroveň spolehlivosti
$r_i$	[-]	refrakční index
$R_a$	[μm]	střední aritmetická úchylka profilu
$R_e$	[MPa]	mez kluzu
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti
$R_p$	[μm]	největší výška výstupku
$R_q$	[μm]	průměrná kvadratická úchylka profilu
$R_v$	[μm]	největší hloubka prohlubně profilu
$R_z$	[μm]	největší výška profilu
$t$	[min]	čas obrábění
$T$	[min]	trvanlivost břitu
$v_c$	[m/min]	rychlost řezání
VB	[mm]	velikost opotřebení na hřbetu
VB <sub>k</sub>	[mm]	velikost kritického opotřebení na hřbetu
VB <sub>max</sub>	[mm]	maximální velikost opotřebení na hřbetu
VR	[mm]	radiální otupení
$z$	[-]	počet lůžek na nástroji

ČSN česká státní norma  
VBD vyměnitelná břitová destička

# Obsah

Úvod.....	9
-----------	---

## I - Teoretická část

<b>1. Shrnutí poznatků o klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin.....</b>	<b>11</b>
1.1 Procesní kapaliny obecně.....	11
1.2 Technologické požadavky na řezná média.....	12
1.2.1 Chladicí účinek.....	12
1.2.2 Mazací účinek.....	13
1.2.3 Čistící účinek.....	13
1.2.4 Provozní stálost.....	13
1.2.5 Ochranný účinek.....	14
1.2.6 Zdravotní nezávadnost.....	14
1.2.7 Přiměřené provozní náklady.....	17
1.3 Řezné kapaliny.....	15
1.3.1 Vodní roztoky.....	15
1.3.2 Emulzní kapaliny.....	16
1.3.3 Zušlechtěné řezné oleje.....	16
1.3.4 Syntetické a polysyntetické kapaliny.....	17
<b>2. Hlavní mechanismy opotřebení břitů nástroje, definice pojmu trvanlivost nástroje při třískovém obrábění, Taylorův vztah, analýza vlivu PK na trvanlivost nástroje při frézování, integrita povrchu, metody měření drsnosti povrchu.....</b>	<b>18</b>
2.1 Hlavní mechanismy opotřebení břitů nástroje.....	18
2.1.1 Opotřebení řezných nástrojů.....	18
2.1.1.1 Abrazivní otěr.....	19
2.1.1.2 Difuzní otěr.....	19
2.1.1.3 Oxydační otěr.....	19
2.1.1.4 Adhezní otěr.....	19
2.2 Charakteristika opotřebení.....	20
2.3 Časový průběh opotřebení.....	21
2.4 Definice pojmu trvanlivost nástroje.....	22
2.5 Taylorův vztah.....	23
2.6 Integrita povrchu.....	25
2.6.1 Drsnost povrchu.....	26
2.6.1.1 Výškové parametry.....	27
2.6.1.2 Délkové parametry.....	28
2.6.1.3 Tvarové parametry.....	29
2.6.2 Tvrdost povrchu.....	29
2.6.2.1 Metody měření tvrdosti.....	30
2.6.2.1.1 Tvrdost dle Shoa.....	31
2.6.2.1.2 Tvrdost dle Brinella.....	32
2.6.2.1.3 Tvrdost dle Rockwella.....	33
2.6.2.1.4 Tvrdost dle Vickerse.....	34
2.6.2.1.5 Tvrdost dle Knoopu.....	34
2.6.3 Zbytkové napětí v povrchové vrstvě.....	35

2.6.4 Zpevnění v podpovrchové vrstvě.....	36
2.7 Metody měření drsnosti povrchu.....	37
2.7.1 Porovnání s etalony povrchu.....	37
2.7.2 Dotkový profiloměr.....	38
2.7.3 Světelný řez.....	38
2.7.4 Interference světla.....	39

## II – Experimentální část

<b>3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při frézování nerezové oceli.....</b>	<b>40</b>
3.1 Metodika měření trvanlivosti.....	40
3.2 Metodika měření drsnosti.....	41
3.3 Příprava procesní kapaliny.....	42
<b>4. Popis strojů, přístrojů, materiálů a procesních kapalin.....</b>	<b>43</b>
4.1 Nástrojová frézka.....	43
4.2 Výměnné břitové destičky.....	44
4.3 Nástrojová lupa Brinell.....	45
4.4 Profiloměr.....	45
4.5 Refraktometr.....	46
4.6 Procesní kapaliny.....	46
<b>5. Naměřené hodnoty.....</b>	<b>48</b>
5.1 Trvanlivost nástroje.....	48
5.1.1 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0E.....	48
5.1.2 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0F.....	49
5.1.3 Přehled měření za užití PK ESOK 1.1B.....	49
5.1.4 Přehled měření za užití PK ESOK 1.1D.....	50
5.1.5 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0D.....	50
5.1.6 Přehled měření bez užití PK.....	51
5.1.7 Přehled měření za užití vody.....	51
5.1.8 Průměrné hodnoty.....	52
5.2 Měření drsnosti.....	53
5.2.1 Měření drsnosti za užití PK ESOK 1.0D.....	53
5.2.2 Měření drsnosti za užití PK ESOK 1.0E.....	54
5.2.3 Měření drsnosti za užití PK ESOK 1.0F.....	54
5.2.4 Měření drsnosti za užití PK ESOK 1.1B.....	55
5.2.5 Měření drsnosti za užití PK ESOK 1.1D.....	56
5.2.6 Měření drsnosti bez PK.....	56
5.2.7 Měření drsnosti za užití vody.....	57
5.2.8 Průměrné hodnoty.....	58
<b>6. Závěr.....</b>	<b>59</b>
Seznam použité literatury.....	61
Přílohy.....	62

## Úvod

**Procesní kapalina** (dříve nazývaná také jako obráběcí nebo řezná kapalina) je chladicí a mazací prostředek pro obrábění kovů, řezání dřeva. Odvádí teplo z řezu, snižuje třecí odpor, odplavuje třísky a slouží ke zvětšení trvanlivosti nástrojů a ke zlepšení jakosti obráběného povrchu. Řezná kapalina musí být nekorozivní a zdravotně nezávadná [12].

Procesní kapaliny mají v dnešním světě strojírenství zcela nezastupitelnou roli. Velmi velký význam mají tyto kapaliny samozřejmě i pro obrábění. Dnes se procesní kapaliny vyrábí synteticky. Jedním z největších výrobců procesních kapalin v ČR je firma Paramo, a.s., která v současné době projektuje novou generaci procesních kapalin pro obrábění.

Tisková zpráva ze dne 4.6.2012, uveřejněná na webových stránkách firmy uvádí, že tato firma bude na základě smlouvy uzavřené s Technologickou agenturou ČR projekt řešit ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci. *„Nová generace procesních kapalin pro obrábění bude v maximální míře garantovat ochranu zdraví, ekologické požadavky a zaručovat maximální produktivitu při požadované kvalitě povrchu obrobků. V podnicích zabývajících se strojírenskou výrobou tak budou vytvořeny předpoklady k zvýšení kvality životního prostředí“*, říká Jan Pavlík, vedoucí odboru vývoje a kvality Parama.

Navrhovaný projekt spojuje dvě oblasti průmyslu, a to aplikovanou chemii a strojírenství. Nejmodernější poznatky aplikované chemie budou interdisciplinárně využity ve strojírenské průmyslové výrobě v České republice. Formulace nových obráběcích kapalin spočine na výběru ekologicky šetrných aditiv. Minerální oleje nahradí oleje syntetické či rostlinné. V aditivačních přísadách již nebudou dnes běžně používané sekundární aminy a kyselina boritá. Vývoj bude založen na použití nově navrhovaných a vědecky podložených metodách zjišťování specifických dílčích vlastností procesních kapalin. Například schopnosti procesní kapaliny pronikat do zóny řezání,

schopnosti procesní kapaliny vytvářet mazací film a antiadhézní schopnosti procesní kapaliny.

*„Jde nám o to, aby nové kapaliny měly stejné vlastnosti jako produkty dalších světových výrobců a dodavatelů. Zvýšíme tak konkurenceschopnost českého průmyslu v rámci evropského prostoru. Jsme největším výrobcem procesních kapalin v České republice a garantujeme uplatnění dosažených výsledků pro podniky všech velikostí,“* uzavírá Jan Palvík z Parama, společnosti, která jako hlavní řešitel a příjemce podpory nové kapaliny pro obrábění vyvíjí. 40

Součástí těchto vývojářských prací se mohou stát i závěry této bakalářské práce, jejíž cílem je pomocí laboratorních pokusů pomocí metody přímého pozorování, měření a analýzy naměřených výsledků, určit a rozpoznat vliv procesních kapalin od firmy Paramo, a.s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli a navrhnout firmě Paramo,a.s. takovou kapalinu, která je nejvhodnější na zkoušky v průmyslu [13].



# I. – TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Shrnutí poznatků o klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin.

### 1.1 Procesní kapaliny obecně

Z hlediska procesních kapalin je důležité si uvědomit, že procesní kapaliny mají velký význam pro charakter řezného prostředí a mají vůbec velký vliv na samotné řezné prostředí. Procesní kapaliny mohou v řezném prostředí zejména:

- Zvýšit trvanlivost obráběcího nástroje
- Redukovat deformaci při tvoření třísky
- Redukovat celkovou řeznou sílu a spotřebu energie
- Redukovat deformace obrobku v důsledku zvýšení teploty v části obrobku
- Usnadňovat utváření třísky
- Zabraňovat tvorbě nárůstku
- Minimalizovat minimální tloušťku třísky
- Ovlivňovat průběh a velikost zbytkových pnutí v povrchové vrstvě obrobené plochy
- Ovlivňovat průběh a velikost zpevnění v povrchové vrstvě obrobené plochy.

Prostředí v zóně řezání má významný vliv na kvantitativní, kvalitativní a ekonomické parametry řezného procesu. Řezné prostředí je vytvářeno řeznými (procesními) médii:

- pastami,
- kapalinami,
- plyny,
- mlhami.

Všechna tato média jsou vyrobena a užívána tak, aby měla chladicí, mazací a čisticí účinek. K dalším důležitým specifickým požadavkům, kladeným na řezná média, lze zařadit provozní stálost, ochranný účinek, zdravotní nezávadnost a přiměřené provozní náklady [5].

## **1.2 Technologické požadavky na řezná média**

Z technologického a provozního hlediska se na řezné prostředí specifikují určité požadavky, k nimž patří zejména:

- chladicí účinek
- mazací účinek
- čisticí účinek
- provozní stálost
- ochranný účinek
- zdravotní nezávadnost
- přiměřené náklady [5]

### **1.2.1 Chladicí účinek**

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného média odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každé médium smáčecí povrch kovů, za předpokladu, že mezi povrchem obrobku a médiem existuje tepelný spád. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné médium obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. Důsledkem chladicího účinku je snížení teploty řezání, což má příznivý vliv na opotřebení a trvanlivost nástroje i na jakost povrchové vrstvy obrobené plochy (nižší hodnoty zbytkových napětí). Chladicí účinek řezného média závisí na jeho smáčecí schopnosti, na výparném teple, rychlosti vypařování za určitých teplot, tepelné vodivosti, měrném teple a průtokovém množství. Čím budou tyto veličiny větší, tím bude chladicí účinek řezného média vyšší. Výparné teplo zvětšuje chladicí účinek, ale přílišné odpařování řezného média není žádoucí [5].

### **1.2.2 Mazací účinek**

Mazací účinek je umožněn tím, že médium vytváří na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Vzhledem k vysokým tlakům, které vznikají při řezání, zde nemůže dojít ke kapalnému tření. Může ale vzniknout mezní tření, má-li řezné médium velkou afinitu ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky, v mikroskopické povrchové mezní vrstvě. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného média se uplatní zejména u dokončovacích obráběcích operací, ale také při protahování, výrobě závitů nebo výrobě ozubení. Mazací schopnost řezného média je závislá na viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Negativní důsledkem vyšší viskozity je omezení průniku média mezi třecí plochy, zhoršení jeho proudění a snížení odvodu tepla. Viskóznější médium ve větším množství ulpívá na třískách, čímž dochází k jeho značným ztrátám. Pevnost mazací vrstvy se zvyšuje přísadami povrchově aktivních látek, které napomáhají pronikání do trhlin deformovaného kovu a usnadňují tak vlastní proces řezání [5].

### **1.2.3 Čistící účinek**

Čistící účinek řezného média spočívá zejména v odstraňování třísek z místa řezu. Čistící účinek je významný zejména při broušení (zlepšení řezivosti broušícího kotouče v důsledku vyplavování zanesených pórů, zabránění slepování částic třísky a usnadnění jejich usazování), řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr [5].

### **1.2.4 Provozní stálost**

Měřítkem provozní stálosti řezného média je doba jeho výměny. Dlouhá doba mezi jednotlivými výměnami média je podmíněna tím, aby se jeho vlastnosti po celou tuto dobu neměnily. Stárnutí řezného média olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností média, jeho rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátu ochranných schopností, korozi a

hnilobný rozklad. Provozní stálost řezného média závisí na jeho fyzikálních a chemických vlastnostech a na pracovní teplotě [5].

#### **1.2.5 Ochranný účinek**

Ochranný účinek řezného média se projevuje tím, že nenapadá kovy a nepůsobuje korozi. Tento požadavek je důležitý proto, aby nebylo nutné výrobky mezi jednotlivými operacemi konzervovat a aby byly obráběcí stroje chráněny před korozí. Pro zvýšení antikorozního účinku jsou do řezného média přidávány pasivační přísady. Dalším důležitým požadavkem je, aby řezné médium nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů a nebylo agresivní vůči gumovým těsněním [5].

#### **1.2.6 Zdravotní nezávadnost**

Požadavek na zdravotní nezávadnost řezného média vychází z toho, že při práci na obráběcích strojích s ním obsluhující pracovník přichází do přímého styku. Proto médium nesmí být zdraví škodlivé, nesmí obsahovat látky dráždící sliznici a pokožku, nesmí být jedovaté a nesmí zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem. Jeho zdravotní nezávadnost závisí také na jeho provozní stálosti a čistotě. Přitom je nutné v provozu dbát na to, aby byla zajištěna základní hygienická opatření, jako je větrání (někdy je nutné, aby vznikající páry byly odsávány), umývání, preventivní ochrana pokožky apod.[5]

#### **1.2.7 Přiměřené provozní náklady**

Přiměřené provozní náklady souvisí především se spotřebou řezného média. Při rozboru nákladů je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění (průběh plastických deformací v zóně řezání, opotřebení, trvanlivost, ostření nebo výměna nástroje, změny struktury povrchu obrobené plochy, spotřeba energie). Po tomto rozboru musí následovat hodnocení řezného média s ohledem na jeho provozní stálost, spotřebu, výměnu a náklady na likvidaci. Jedině podrobný technicko-ekonomický rozbor může rozhodnout o vhodnosti určitého druhu řezného média. Hodnocení podle cenových rozdílů je sice jednoduché, ale zcela nedostačující, protože cena řezného média není tím

hlavním parametrem, který by rozhodujícím způsobem ovlivňoval ekonomii obrábění [5].

### **1.3 Řezné kapaliny**

Řezné kapaliny lze členit na kapaliny s převažujícím chladicím účinkem a kapaliny s převažujícím mazacím účinkem. Toto rozdělení však přesně nevystihuje sortiment kapalin, které jsou v současné době na trhu. Stále více se totiž projevuje snaha zvyšovat mazací účinky i u řezných kapalin s převažujícím chladicím účinkem. Všechny moderní druhy řezných kapalin tento požadavek plní, čímž je prakticky rozdíl mezi oběma skupinami stírán. Řezné kapaliny se rozdělují na vodní roztoky, emulzní kapaliny, mastné oleje, zušlechtěné řezné oleje, rostlinné oleje (ekologicky nezávadné) a syntetické kapaliny. Mezi druhy řezných (procesních) kapalin můžeme zařadit:

- vodní roztoky,
- emulzní kapaliny,
- zušlechtěné řezné oleje,
- syntetické a polysyntetické kapaliny. [5]

#### **1.3.1 Vodní roztoky**

Vodní roztoky jsou nejjednodušší a nejlevnější řezné kapaliny, neposkytují však žádné další výhody. Voda, která je jejich základem, vyžaduje řadu úprav - změkčování a přidávání přísad proti korozi (kalcinová soda trinatriumfosfát, triethanolamin), pro zlepšení smáčivosti a proti pěnivosti. Vodní roztok musí být vždy alkalický. U těchto kapalin vzniká nebezpečí rozmnožování anaerobních bakterií, které způsobují tvorbu kalů a nepříjemný zápach. Vodní roztoky mají velmi dobrý chladicí a čisticí účinek, ale téměř žádný mazací účinek [5].

### **1.3.2 Emulzní kapaliny**

Emulzní kapaliny tvoří disperzní soustavu dvou vzájemně nerozpustných kapalin, z nichž jedna tvoří mikroskopické kapky, rozptýlené v kapalině druhé (olej ve vodě). Aby toto bylo umožněno, je třeba do této soustavy přidat ještě třetí složku, tzv. emulgátor zmenšující mezipovrchové napětí emulgovaných kapalin, stabilizující emulzi a zabraňující koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Funkce emulgátoru je podmíněna tím, že některé jeho částice mají na jednom konci silný elektrický náboj, zatímco druhý, neutrální konec je rozpustný v oleji. Záporný náboj polární části molekuly způsobuje, že olejové částice jsou elektrostatickou silou vzájemně odpuzovány, což brání jejich spojování. Emulzní kapaliny spojují do určité míry přednosti vody a mazacích olejů. Chladicí účinek emulzní kapaliny závisí na koncentraci emulze, s jejímž nárůstem klesá. Schopnost ochrany proti korozi závisí na tom, jaké hodnoty pH emulze dosahuje (pro slitiny na bázi železa postačuje hodnota  $\text{pH} = 8\div 9$ ), ale v daleko menší míře než u vodných roztoků. Emulzní kapaliny jsou nejčastěji používanými řeznými kapalinami, tvoří asi 80 % jejich celkového objemu [5].

### **1.3.3 Zušlechtěné řezné oleje**

Jsou to kapaliny na bázi minerálních olejů. Přísady, které se používají (mastné látky, organické sloučeniny a pevná maziva), zvyšují jejich tlakovou únosnost a mazací vlastnosti. Mastné látky jsou zmýdelnitelné mastné oleje, mastné kapaliny nebo syntetické estery. Tyto přísady zvětšují přilnavost oleje ke kovu a zlepšují jeho mazací schopnosti, ne však za extrémních tlaků. Organické sloučeniny jsou vytvořeny na bázi síry, chloru, nebo fosforu. Všechny tyto látky se osvědčily jako vysokotlaké přísady. Na povrchu předmětů vytvářejí vrstvičku kovových mýdel, která zabraňují svařování a usnadňují kluzný pohyb troucích se ploch. Sloučeniny s chlorem zmenšují tření, ale jejich účinnost klesá při teplotách nad 400°C. Sloučeniny s fosforem mají vyšší účinek a jako nejúčinnější se projevily kombinace sloučenin síry, chloru a fosforu. Pevná maziva, která se používají jako přísady do řezných olejů, působí při řezání navíc mechanickým účinkem. Svou afinitou ke kovu vytvářejí mezní vrstvu, odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje. Mezi pevná maziva patří grafit a sirník

molybdenu. Jejich nevýhodou je, že se v kapalinách nerozpouští a musí se proto udržovat v rozptýleném stavu. [5]

#### **1.3.4 Syntetické a polysyntetické kapaliny**

Tento druh řezných kapalin se vyznačuje velkou provozní stálostí. Většinou jsou rozpustné ve vodě a mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky. Syntetické řezné kapaliny neobsahují minerální oleje, ale jsou složeny z rozpouštědel - glykolů, které ve vodě emulgují, nebo se rozpustí. Glykoly jsou průsvitné, takže umožňují sledovat průběh obráběcího procesu. Aplikace syntetických řezných kapalin má proti kapalinám na bázi oleje ekonomické výhody a navíc zajišťuje rychlé odvádění tepla, dobrý čisticí účinek a jednoduchou přípravu. V syntetických řezných kapalinách je možné rovněž rozptýlit oleje, čímž vznikají polysyntetické řezné kapaliny, které mají příznivější mazací schopnosti. V polysyntetických kapalinách jsou olejové částice mnohem menší než v emulzích. [5]

## **2. Hlavní mechanismy opotřebení břitů nástroje, definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, Taylorův vztah, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při frézování, integrita povrchu, metody měření drsnosti povrchu.**

### **2.1 Hlavní mechanismy opotřebení břitů**

#### **2.1.1 Opotřebení řezných nástrojů**

Při obrábění vzniká velké množství tepla, které se vytváří na ploše čela a hřbetu nástroje. Tepelná zatížení značně namáhají břit a v některých případech, jako například u frézování, vytváří dynamický faktor v okamžiku, kdy jeden břit z materiálu vystupuje a jiný do něj naopak vniká. Procesem utváření třísky, provázeném vysokým tlakem a teplotou, se průběžně vytváří čistý kovový povrch, na kterém má obráběný materiál sklon k chemickým reakcím nebo difuzním procesům. Většina obráběných materiálů obsahuje tvrdé částice různého druhu, které se svou tvrdostí neliší od materiálu břitu. Tyto částice mají brousící případně abrazivní efekt vůči nástroji.[3, 5]

Kombinací výše uvedených mechanických, tepelných, chemických a abrazivních faktorů dochází ke složitému zatěžování břitu, jenž se projevuje jeho opotřebením. [3, 5]

Působením těchto zatěžujících faktorů, které můžeme při procesu obrábění na břitu pozorovat, vznikají některé základní mechanismy opotřebení [obr.1]:

- ✓ Abrazivní otěr
- ✓ Difuzní otěr
- ✓ Oxidační otěr
- ✓ Adhezní otěr



### **2.1.1.1 Abrazivní otěr**

Jedná se o velmi častý mechanismus, který vzniká hlavně působením tvrdých částic v materiálu obrobku. Schopnost odolávat abrazivnímu otěru je z větší části závislá na tvrdosti břitu. Abrazivní otěr je významný především při nižších řezných rychlostech, tedy při obrábění nástrojovou nebo rychlořeznou ocelí. [3]

### **2.1.1.2 Difuzní otěr**

Vzniká působením chemických vlivů při procesu obrábění. Chemické vlastnosti řezného materiálu a jeho afinita vůči obráběnému materiálu jsou nejdůležitější pro tento mechanismus. Tvrdost materiálu má jen relativně malý vliv. O podílu difuzního opotřebení rozhoduje chemické složení materiálů obrobku a břitu. Například afinita mezi slinutým karbidem a ocelí vede ke vzniku difuzního opotřebení. Důsledkem je vytvoření žlábků na čele břitu destičky. Toto opotřebení souvisí s teplotou, a tudíž při vyšších řezných rychlostech vzniká větší žlábek. [3]

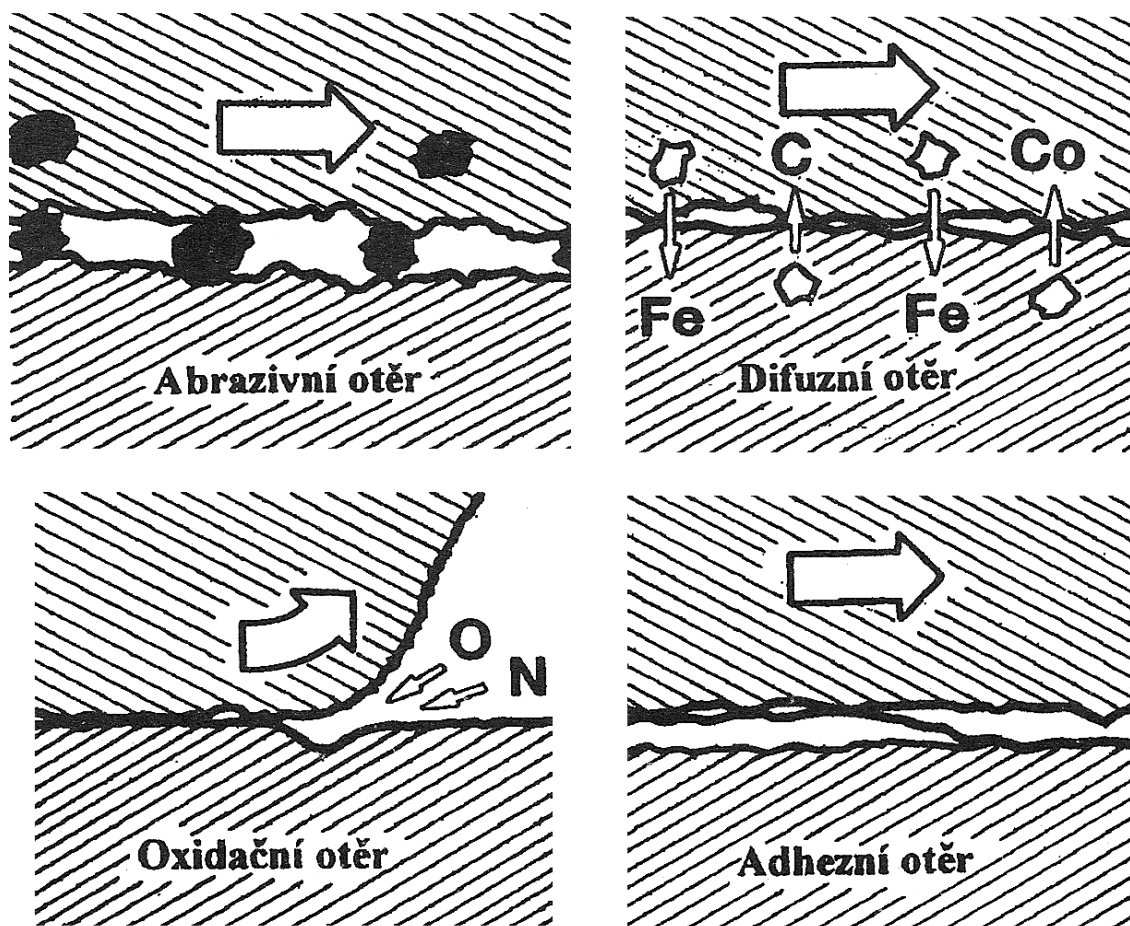
### **2.1.1.3 Oxidační otěr**

Souvisí s vysokými teplotami řezného procesu, které spolu s okolním vzduchem mají za následek oxidaci nástrojového materiálu. Vzniklé oxidy působí velmi rozdílně. Wolfram a kobalt tvoří porézní filmy oxidu, které jsou snadno odnášeny třískou. Oxid hlinitý je naproti tomu podstatně tvrdší a pevnější. Speciálně v místě kontaktu břitu, kde končí šířka třísky, má vzduch přístup do řezného procesu. [3]

### **2.1.1.4 Adhezní otěr**

Tento mechanismus opotřebení se vyskytuje především při nízkých teplotách na čele břitu nástroje. Adhezní otěr je způsoben vytrháváním částic břitů v důsledku adhezních spojů mezi nástrojem a obrobkem. Je významný při nižších řezných rychlostech, kdy vzniká bodový styk mezi třískou a nástrojem, a kdy je umožněno adhezní spojení. Adhezní otěr je významný při obrábění s nástrojovou nebo rychlořeznou ocelí. Tento jev často vede k vytváření nárůstku

mezi třískou a břitem. Tento jev má dynamický průběh s narůstajícím počtem vrstev, které jsou z třísky navařovány a vytrhávány a stávají se tak součástí břitu. Takto nárůstkem vytvořený břit může tvořit základ pro nové nárůstky na břitu, nebo může poškodit původní břit vydrolováním nebo výlomem. [3]



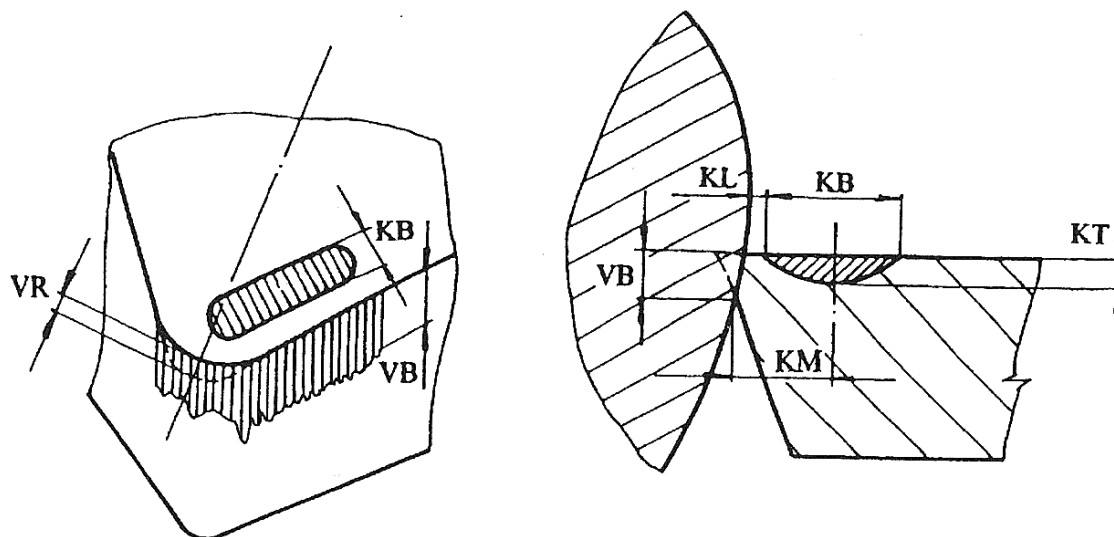
Obr.1 Základní mechanizmy opotřebení břitu [3]

## 2.2 Charakteristika opotřebení

Otupení břitu obráběcího nástroje lze určovat následujícími délkovými charakteristikami (obr.2) [8]:

- šířka opotřebené plochy na hřbetu VB
- hloubka žlábků na čele KT
- šířka žlábků na čele KB
- vzdálenost od ostří k okraji žlábků KL

- vzdálenost od ostří ke středu žlábků KM
- radiální otupení VR
- objemem nebo hmotností opotřebovaného materiálu bříty

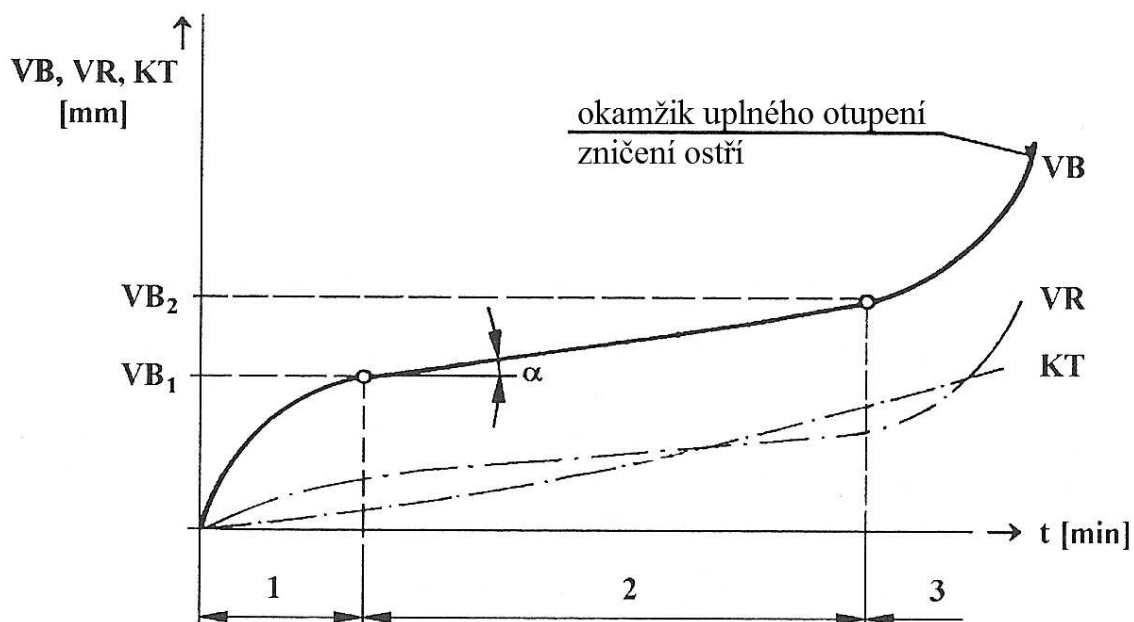


Obr. 2 Délkové charakteristiky otupení bříty [8]

## 2.3 Časový průběh opotřebení

Průběh závislosti otupení na času obrábění lze vymezit tři charakteristické oblasti (obr. 3).[8]

1. oblast *počátečního otupování (rychlého záběhového opotřebení)* – ovlivňuje srovnávání vrcholků mikronerovností hřbetu a případná defektní povrchová vrstva hřbetu (vyvolaná podmínkami ostření nebo v důsledku výroby).[3, 8]
2. oblast *rovnoměrného otupování (lineárního opotřebení)* – jsou již srovnány vrcholky mikronerovností hřbetu a průběh otupení má prakticky lineární stoupající tendenci (intenzita opotřebení je konstantní).[3, 8]
3. oblast *zrychleného otupování (nadměrného opotřebení)* – počáteční bod této oblasti je obvykle spojen s limitní teplotou řezání a s výrazným poklesem tvrdosti řezného materiálu.[3] Nastává rychlé (lavinovité) opotřebení, může skončit i případným zničením bříty.[3, 8]



Obr. 3 Průběh typického otupení na čase [8]

## 2.4 Definice pojmu trvanlivost nástroje

Trvanlivost je doba, po kterou je nástroj schopen plnit potřebnou práci, a je tedy určena časem od nasazení nového (naostřeného) nástroje do obrábění po kritérium vzniku poruchy, která zapříčiní konec provozuschopnosti nástroje. [3, 4]

Jako kritérium vzniku poruchy na nástroji se mohou diagnostikovat parametry [3]:

- opotřebení břitu
- stav povrchu obrobené plochy
- úchylka rozměru obrobené plochy
- utváření třísky
- velikost řezné síly

Trvanlivost břítu nástroje se nejčastěji udává jako čas břítu stráveného v řezném procesu nebo jako dráha řezu. Při vrtání děr se trvanlivost udává jako délka obrobených děr.[3]

## 2.5 Taylorův vztah

Počátkem 20. St. Zjistil F.W. Taylor (obr.4), že nejvíce z řezných parametrů závisí trvanlivost na řezné rychlosti. Taylorův vztah tedy vyjadřuje závislost trvanlivosti nástroje na řezné rychlosti a ostatních řezných podmínkách. Odvodil vztah, na němž jsou do dneška odvozeny normy ISO. Tento vztah je znám jako Taylorův vztah nebo jako  $T-v_c$ . [2]

Trvanlivost břítu  $T$  je všeobecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým Taylorovým vztahem ve tvaru :  $T = C_T \cdot v_c^{-m}$  [ min ]

$C_T$  – konstanta [-]

$m$  – exponent [-]

$v_c$  – řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]

Konstanta  $C_T$  závisí především na materiálu obrobku a nástroje a nabývá hodnot 108 až 1012. Velikost exponentu  $m$  charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje:

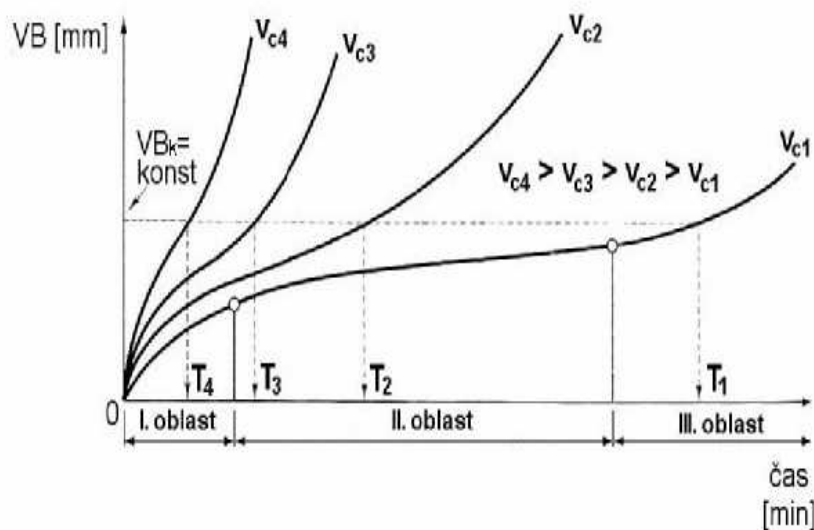
nástrojové oceli  $m = 10 - 8$  (6)

rychlořezné oceli  $m = 8 - 5$  (3)

slinuté karbidy  $m = 5 - 2,5$  (2)

řezná keramika  $m = 2,5 - 1,5$  (1,2)

Stanovení trvanlivosti břítu pro kritické opotřebení hřbetu VBk se provede při zvolených řezných rychlostech (obr.5), kde  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$  a  $v_{c1} < v_{c2} < v_{c3} < v_{c4}$ . [3]

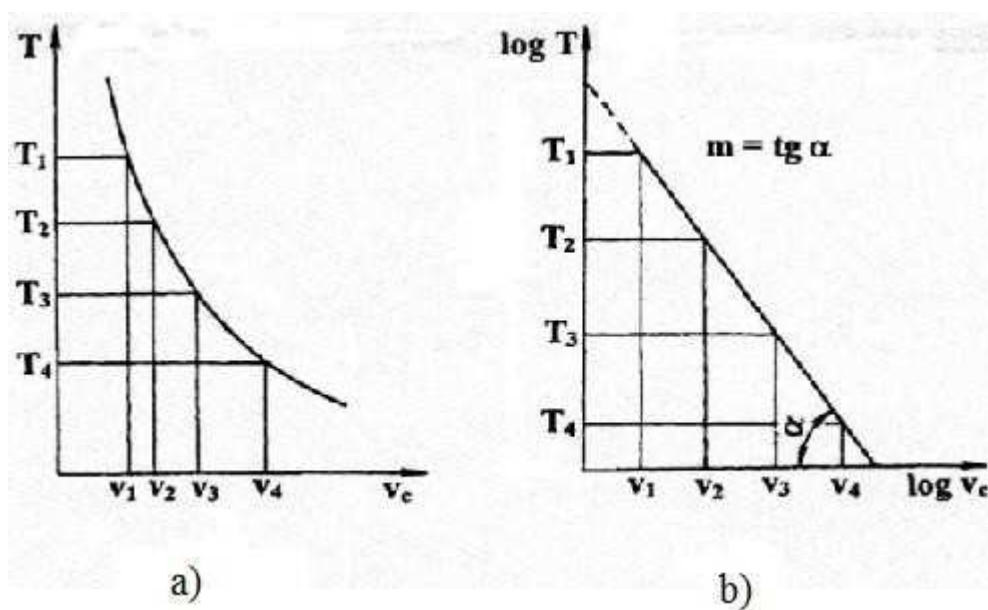


Obr.5 Stanovení trvanlivosti břitu T [4]



Obr.4 Fredecik Winslow Taylor

Na následujícím obrázku (obr. 6) pak vidíme průběh závislosti znázorněn v lineárních souřadnicích (a) a v logaritmických souřadnicích (b)



Obr. 6 Průběh závislosti T [3]

## 2.6 Integrita povrchu

Podle Prof. Ing. Bohumila Bumbálka, CSc má z hlediska výroby zásadní význam znalost mechanismu vytváření nového povrchu součástí, protože umožňuje pochopit povahu a vlastnosti takto vytvořeného povrchu, dává možnost pro zlepšení použitých procesů a případně umožňuje vytvoření obrobených ploch bez poruch.

Všechny změny, které nastávají v povrchové vrstvě součásti, lze shodně posuzovat jako změny jakosti. Tyto změny se potom mohou dávat do vztahu s budoucí funkcí dokončené plochy a využívají se pro hodnocení její integrity.

***Integrita povrchu je proto odrazem podmínek, za kterých funkční plocha vzniká, bere v úvahu důsledky působení technologických metod na jakost obrobené plochy a dává je do vztahu k funkčním požadavkům na celý výrobek.***

Problém i obsah integrity funkčních ploch součástí byl definován již začátkem 70.ých let, kdy bylo ukázáno, že je nutné dávat do souvislosti podmínky technologických operací s požadavky jakosti, spolehlivosti a životnosti součástí i zařízení. První práce na tomto úseku byly zaměřeny na opracování vysoce pevných ocelí.

Podle Bumbálka zatím neexistuje způsob, kterým lze komplexním způsobem zhodnotit nově vytvořenou plochu z hlediska její integrity. Řada údajů o obrobené ploše se sice již běžně zjišťuje, pro jiné jsou zpracovány postupy a navrhována potřebná zařízení. Zatím nejspolehlivější zkouškou integrity je tak dle Bumbálka vlastní provoz. [14]

Je nutné mít také na vědomí, že při použití jakékoliv technologické metody vzniká obrobená plocha, která je vytvořena díky geometrických a kinematických vztahům nástroje a obrobku. Je podmíněna řadou průvodních jevů, které je nutné znát pro jejich ovlivňování a řízení. Každý výrobek musí být vyroben v potřebné jakosti, která je měřitelná pomocí vlastností materiálu, přesností rozměru a tvaru, drsností a vlastnostmi povrchové vrstvy. [6]

Integrita povrchu v sobě zahrnuje soubor všech vlastností a charakteristik povrchu strojní součásti vzniklého výrobním procesem, hodnotící vlastnosti

povrchové plochy a povrchové vrstvy ve vztahu k vlastnostem základního materiálu součástí. Do tohoto souboru řadíme:

- drsnost povrchu
- tvrdost povrchu
- zbytkové napětí v povrchové vrstvě
- zpevnění v podpovrchové vrstvě

### **2.6.1 Drsnost povrchu**

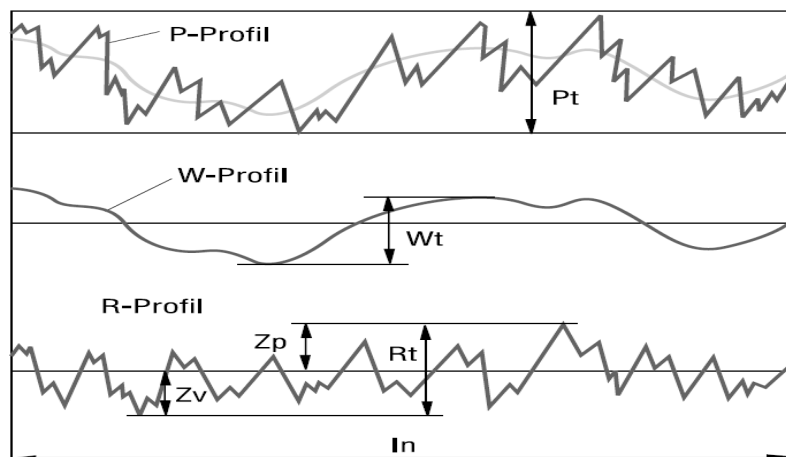
Při použití jakékoliv technologické metody vzniká na povrchu technických ploch nerovnost, která má velký význam při funkci těchto ploch. Protože povrch představuje prostorový útvar, problém posuzování nerovností se řeší redukcí do roviny řezu rovinou kolmou k povrchu. Tím se získá profil, který je základním zdrojem informací.

Rozteč příslušných nerovností charakterizuje strukturu povrchu a dělí ji na složky. Složka s nejmenší roztečí tvoří drsnost povrchu, dále existuje složka nazvaná vlnitost povrchu a největší rozteč nerovností určuje základní profil. Geometrické parametry definované normou ISO 4287:

- R – parametr vypočítaný z profilu drsnosti,
- W – parametr vypočítaný z profilu vlnitosti,
- P – parametr vypočítaný ze základního profilu. [5]

Drsnost je nejmenší nerovnost vznikající v procesu výroby, způsobené působením rezného nástroje. Řezný nástroj zanechává na povrchu stopy, které mají periodický nebo aperiodický tvar. Drsnost je tedy spíše následkem dokončovací metody, než působení obráběcího stroje. [7]





Obr. 7 Typy profilu R,W a P [10]

Základní délka  $l_r$  – délka ve směru osy  $x$  používaná pro rozpoznání nerovností charakterizující daný profil.

Vyhodnocovaná délka  $l_n$  – délka ve směru osy  $x$  na které se profil vyhodnocuje.

Existují 3 základní parametry, na jejichž základě se hodnotí drsnost povrchu:

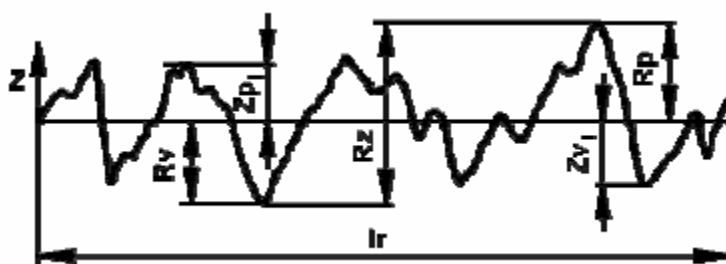
- výškové parametry,
- délkové parametry,
- tvarové parametry. [5]

### 2.6.1.1 Výškové parametry

Největší výška výstupku  $R_p$  – největší výška výstupku profilu  $Z_p$  v rozsahu základní délky.

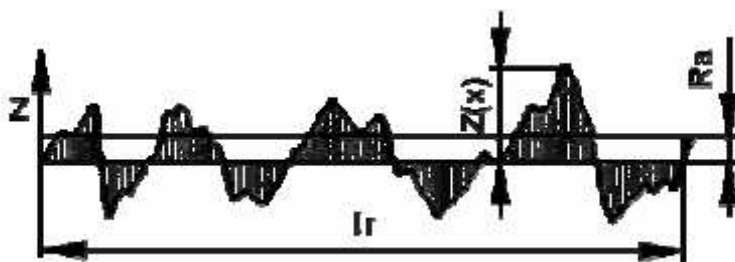
Největší hloubka prohlubně profilu  $R_v$  – největší hloubka prohlubně profilu  $Z_v$  v rozsahu základní délky.

Největší výška profilu  $R_z$  – součet největší výšky profilu  $Z_p$  a největší hloubky profilu  $Z_v$  v rozsahu základní délky. [5]



Obr. 8 Výškové parametry  $R_v$ ,  $R_p$ ,  $R_z$  [5]

*Střední aritmetická úchylka profilu  $R_a$*  – aritmetický průměr absolutních hodnot  $Z(x)$  v rozsahu základní délky. Tato hodnota nevypovídá zcela přesně o dané drsnosti, protože  $R_a$  nereaguje citlivě na extrémní výšky a hloubky měřeného profilu. [5]

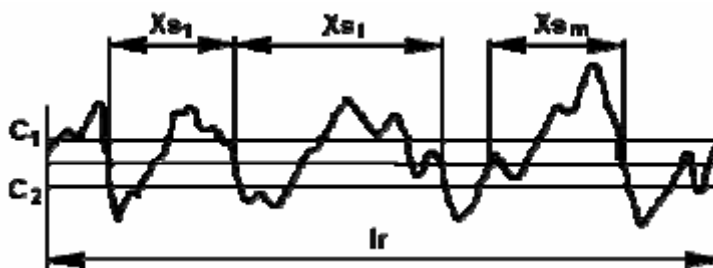


Obr. 9 Střední aritmetická úchylka – Parametr  $R_a$  [5]

*Průměrná kvadratická úchylka profilu  $R_q$*  – průměrná kvadratická hodnota odchylek  $Z(x)$  profilu v rozsahu základní délky. Parametr  $R_q$  má význam při statistickém pozorování profilu povrchu, neboť zároveň odpovídá standardní odchylce z profilových souřadnic. [5]

#### 2.6.1.2 **Délkové (šířkové) parametry**

*Průměrná vzdálenost prvků profilu  $RSm$*  – průměrná hodnota šířek  $X_s$  profilu v rozsahu základní délky. [5]



Obr. 10 Parametr  $RSm$  [5]

### 2.6.1.3 Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu  $R\Delta q$  – průměrná kvadratická hodnota sklonů  $dZ/dX$  v rozsahu základní délky. Tento parametr je důležitý při hodnocení tribologických vlastností, odrazu světla nebo galvanickém pokovování. [5]

### 2.6.2 Tvrdost povrchu

Člověk zkoumá vlastnosti předmětů, se kterými přichází do styku – zajímá ho jejich velikost, tvar, drsnost a samozřejmě také tvrdost, kterou zjišťuje hmatem. To, co vlastní silou nestačí deformovat, subjektivně považuje za tvrdé. S postupem času význam tvrdosti nabýval na významu a v současnosti je tvrdost jednou z nejdůležitějších mechanických vlastností charakterizujících materiál. S určitým omezením lze podle tvrdosti posuzovat chování materiálu při jiném způsobu namáhání. Pro konstrukční materiály má jejich tvrdost obrovský technický i praktický význam. Bohužel je však obtížné tvrdost přesně a jednoduše popsat, protože závisí na komplexních vlastnostech zkoušeného vzorku a také na zkušebních podmínkách, při kterých je měření prováděno.

*Tvrdost je nejčastěji definována jako mechanická vlastnost vyjadřující odpor materiálu proti vnikání geometricky definovaného vnikajícího tělesa (indentoru) při dané teplotě. Všeobecně ji tedy můžeme vyjádřit jako funkci:*

- **H...** tvrdost (z anglického slova *hardness* = tvrdost)
- **e...** elastické vlastnosti zkoušeného materiálu (modul pružnosti **E** atd.)
- **P...** plastické vlastnosti zkoušeného materiálu
- **F...** velikost síly působící na vnikající těleso
- **T...** tvar, rozměry a tvrdost vnikajícího tělesa
- **t...** tření mezi vnikajícím tělesem a zkušebním vzorkem
- **v...** rychlost pohybu vnikajícího tělesa.

Hodnoty  $e$  a  $P$  představují odolnost zkoušeného materiálu proti vnikání cizího tělesa do jeho povrchu; tato odolnost je dána různými činiteli, z nichž nejdůležitější jsou:

- stavba materiálu definovaná druhem atomové vazby, typem krystalové mřížky a množstvím mřížkových poruch (vakancí, intersticií, dislokací, vrstevných chyb),
- mikrostruktura materiálu daná zejména velikostí zrna, stupněm morfologické nerovnoměrnosti (heterogenity), množstvím a tvarem příměsí ve struktuře,
- vnitřní napětí v materiálu vyvolané tvářením, nerovnoměrným ochlazováním, fázovými přeměnami a podobně,
- teplota, jež výrazně ovlivňuje elastické, plastické a pevnostní charakteristiky materiálu, a tím i naměřené hodnoty jeho tvrdosti. [1]

### 2.6.2.1 Metody měření tvrdosti

Jak již bylo řečeno, tvrdost (značená písmenem „H“) je mechanická vlastnost, která je velmi důležitá v technické praxi především pro kovové materiály. Tvrdost lze zjistit velmi snadno pomocí řady mechanických zkoušek. Používané metody měření tvrdosti prakticky neporušují měřenou součást.

Podle hodnoty tvrdosti lze odhadnout také další vlastnosti materiálu. V hojně míře se pro tyto účely používají empirické koeficienty.

Hodnoty tvrdosti se uvádějí bezrozměrně, nebo jednotkou  $\text{N.mm}^{-2}$ . Použití jednotky  $\text{N.mm}^{-2}$  může vést k záměně za pevnost. Proto se často tvrdost uvádí bezrozměrně s udáním způsobu měření nebo stupnice.

Zkoušky tvrdosti rozdělujeme na:

- statické (tvrdost podle Brinella, Knoop, Rockwella, Vickerse)

- dynamické (Poldi kladívko, Baumanovo kladívko, Shoreho skleroskop, duroskop)

Další dělení:

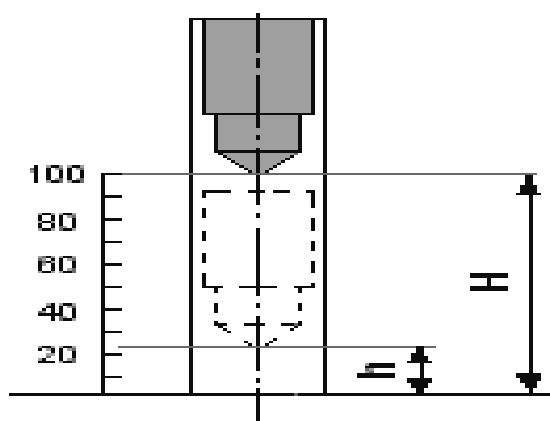
- zkoušky vrypové (Martens),
- vnikací (Brinell, Knoop, Rockwell, Vickers),
- odrazové (Shore). [1]

#### 2.6.2.1.1 Tvrдость podle Shore (HS)

Používá se pro měření tvrdosti nekovových materiálů. Patří mezi dynamicko-elastické zkoušky. Jedná se o zkoušku odrazem zkušebního tělesa, kdy se zjišťuje výška jeho odskoku od měřené plochy.

*Zkouška odrazem podle Shorea* - touto metodou zjišťujeme tvrdost z velikosti odskoku závaží (kulička, diamantový hrot) spuštěného z určité výše od zkoušeného materiálu. Působením závaží dojde k plastické deformaci zkoušeného materiálu a ke spotřebování části energie závaží. To se pak neodrazí do původní výšky.

Tato metoda je oproti jiným způsobům zjišťování tvrdosti značně nespolehlivá. [1]



Obr.11 Schéma zkoušky tvrdosti dle Shorea [1]

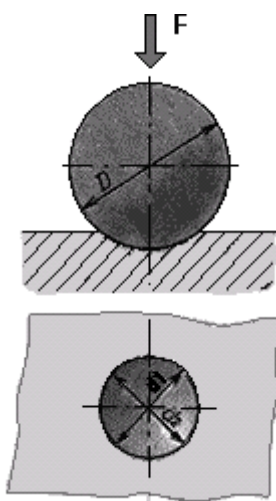
### 2.6.2.1.2 Tvrdost podle Brinella (HB)

Tvrdost podle Brinella se zjišťuje vtlačováním ocelové kalené kuličky o průměru  $D$  do zkušebního tělesa silou  $F$ , která směřuje kolmo k povrchu tělesa po stanovenou dobu. Následně po odlehčení se změří průměr vtisku  $d$  (obr.12). Platí, že minimální tloušťka materiálu je desetinásobek hloubky vtisku. V opačném případě by se mohla projevit tvrdost podložky.

*Zkouška tvrdosti podle Brinella* - doba působení síly o dané velikosti závisí na struktuře materiálu. Měkčí materiály se zatěžují delší dobu. U slitin železa je zatížení od 10 do 15 s. U neželezných slitin od 10 do 180 s.

Přesnost měření závisí na správném proměření vtisku. U Brinellovy zkoušky je měření vtisku poměrně nepřesné. Vtisk bývá někdy nezřetelný a nesouměrný. Na průměr vtisku má velký vliv i vtažení materiálu po kraji vtisku (u materiálu nezpevněného) nebo naopak vytlačení obvodového valu (u materiálu zpevněného). Příčinou další chyby je deformace použité vtlačované kuličky (je z kalené oceli). Pro materiály tvrdší než  $HB=400$  není ocelová kulička vhodná a používají se kuličky ze slinutých karbidů.

Pro zkoušku se používá Brinellův tvrdoměr. Kulička vytvoří na zkušebním vzorku kulovitý vtisk. Tvrdost se určuje aritmetickým průměrem změřených průměrů vtisku měřených dvakrát kolmo na sebe. [1]

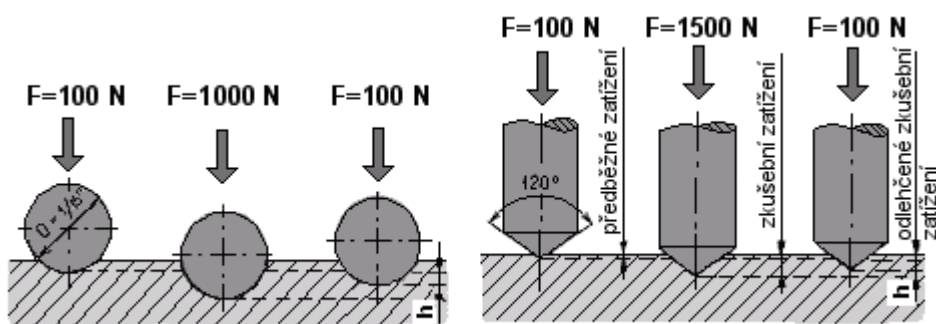


Obr. 12 Zkouška tvrdosti dle Brinella [1]

### 2.6.2.1.3 Tvrdost podle Rockwella (HR)

Tvrdost podle Rockwella se zjišťuje na Rockwellově tvrdoměru jako rozdíl hloubky vtisku vnikacího tělesa (ocelová kulička, diamantový kužel) mezi dvěma stupni zatížení (předběžného a celkového). Účelem předběžného zatížení je vyloučit z měřené hloubky nepřesnosti povrchových ploch.

*Zkouška tvrdosti podle Rockwella* (obr.13) - diamantový kužel nebo ocelovou kulička, dotýkající se povrchu zkoušeného předmětu, se nejprve předběžně zatíží silou 100 N (výchozí poloha pro měření hloubky vtisku). Potom se pozvolna zvětšuje zatěžovací síla tak, aby se za 3 až 6 sekund dosáhlo zatížení předepsané normou (např. předběžné zatížení silou 100 N + zkušební zatížení silou 1400 N = celkové zatížení silou 1500 N). Pak se zatěžující síla opět zmenšuje až na 100 N a v tomto stavu se zjistí přírůstek  $h$  hloubky vtisku, který nastal proti výchozí poloze při 100 N. Zkouška tvrdosti podle Rockwella je rychlá, snadná a vpichy (důlky) jsou velmi malé (max. hloubka 0,2 mm). Je vhodná pro běžnou kontrolu velkých sérií výrobků a tam, kde Brinellova metoda již není použitelná. [1]



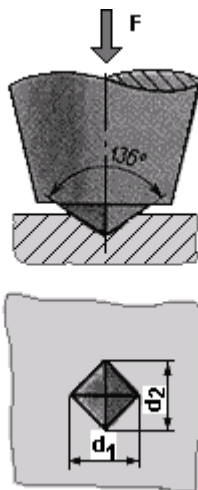
Obr. 13 Zkouška tvrdosti dle Rockwella [1]

#### **2.5.2.1.4 Tvrdost podle Vickerse (HV)**

Při zjišťování tvrdosti dle Vickerse se do materiálu vtlačuje pod zatížením silou  $F$  (působí kolmo na povrch vzorku) diamantový pravidelný čtyřboký jehlan o daném vrcholovém úhlu mezi protilehlými stěnami po danou dobu (obr. 14). Následně se změří střední délka u obou úhlopříček vtisku. Zkušební zatěžující síla bývá od 10 do 1000 N. Doba zatížení se volí od 10 do 180 s.

Tvrdost podle Vickerse se vyjadřuje bezrozměrně a je určena poměrem vtláčovací síly  $F$  a povrchu vtisku.

Metodu měření tvrdosti podle Vickerse lze použít pro všechny tvrdosti. Metoda je velmi přesná a je minimálně závislá na zatížení. [1]



Obr. 14 Zkouška tvrdosti dle Vickerse [1]

#### **2.6.2.1.5 Tvrdost podle Knoop (HK)**

Při měření tvrdosti dle Knoop (obr. 15) se do povrchu materiálu vtlačuje pod zatížením silou  $F$  (působí kolmo na povrch vzorku) čtyřboký diamantový jehlan (poměr úhlopříček 7:1, úhly  $130^\circ$  a  $172,5^\circ$ , poměr délky úhlopříčky k hloubce je 30).

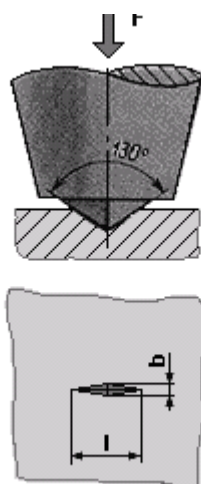


Metoda podle Knoop patří mezi metody měření mikrotvrdosti. Metoda je vhodná pro tenké plastové desky, tenké kovové desky, křehké materiály nebo pro materiály, u kterých nesmí být použita síla větší než 3,6 kgf.

Zátěžová síla u metody podle Knoop pohybuje mezi 25 - 3600 gf.

Otisky u metody podle Knoop jsou při stejném zatížení téměř trojnásobně delší a mělčí než u zkoušky podle Vickerse - mělkost otisku může působit problémy při odčítání velikosti otisku.

Při měření tvrdosti podle Knoop jsou kladeny vysoké nároky na úpravu povrchu zkoušeného materiálu a na ostrost hran vnikacího tělesa. [1]



Obr. 15 Zkouška tvrdosti dle Knoop [1]

### 2.6.3 Zbytkové napětí v povrchové vrstvě

Při posuzování vlivu technologických procesů na vlastnosti povrchové vrstvy obrobku při jeho výrobě je možné vycházet z druhu a intenzity energií, které se na jeho realizaci podílejí. Jedná se o energii mechanickou, tepelnou a chemickou. Je nutné ale brát v úvahu i vlivy metalurgické, fyzikální a také vlastností materiálu. Metody zjišťování zbytkového napětí jsou uvedeny v tabulce

Hlavní příčinou vzniku zbytkových napětí jsou:

- nerovnoměrná plastická deformace v obrobeném povrchu,
- nerovnoměrný ohřev a ochlazování materiálu, které vyvolává jeho roztažení a smršťování,
- nerovnoměrné změny struktury, vyvolané působením tepla a mechanických sil,
- chemické procesy, spojené s reakcí částic pronikajících do povrchové vrstvy. [15]

Metoda zjišťování zbytkových napětí	Tvar součásti	Způsob měření	
Mechanické	plochý tvar	deformace pásků	změna délky
			změna zakřivení
		vrtání děr	válcová díra
			mezikruží
	rotační tvar	změna rozměru válce	odstranění povrchové vrstvy
		trubka	rozříznutí trubky
			odstranění povrchové vrstvy
			odstranění vnitřní vrstvy
			rozříznutí
		kroužek	změna křivosti
			podélné pásy z kroužků
		obecný tvar	metoda sítí
	křehké laky		vznik trhlin
	křehké modely		vznik trhlin
	Fyzikální RTG	obecný tvar	difrakce
Fyzikální ultrazvuk	šíření vln		změna rychlosti
			odraz vln
			vnitřní tlumení
Elektrické	obecný tvar	změna proudu	změna potenciálu procházejícího proudu
			změna velikosti vířivých proudů
			změna indukčního toku
Magnetické	obecný tvar	změny magnetismu	magnetická indukce
			zbytkový magnetismus
Akustické	obecný tvar	prozvučitelnost	četnost akustických emisí
Chemické	obecný tvar	difuze vodíku	trhliny na povrchu
		změna chemické aktivity	změna struktury

Obr. 16 Metody zjišťování zbytkového napětí [15]

#### 2.6.4 Zpevnění v podpovrchové vrstvě

Vývoj v oblasti výrobní techniky, řezných materiálů, je většinou hodnocen z hlediska vlivu na produktivitu práce. Vezme-li se ale v úvahu plné využití řezivosti nových nástrojových materiálů a příkonů strojů, které jsou několikanásobné ve srovnání s klasickými, vzniká zde otázka, zda toto množství

energie převedené na břit nástroje neovlivní výrazněji vlastnosti obrobeného povrchu, především jeho jakost.

Jakost obrobeného povrchu je možné posuzovat podle následujících hledisek:

- přesnosti rozměru a tvaru,
- drsnosti a mikrostruktury,
- vlastností povrchové vrstvy.

*Přesnost rozměru a tvaru* je dána vlastní přesností stroje, tuhostí systému stroj-nástroj-obrobek a dalšími faktory, které ale působí nepřímo na technologický proces.

*Drsnost a mikrostruktura povrchu* je ovlivněna bezprostředně procesem řezání. Nejvýznamnějšími prvky tohoto vlivu jsou řezná rychlost, tvar nástroje, působení různých řezných materiálů, jejich opotřebení apod.



*Vlastnosti povrchové vrstvy* jsou vyjadřovány strukturními změnami, stupněm zpevnění, které jsou úměrné velikosti zbytkových napětí. Vzhledem k tomu, že intenzita procesu řezání se stále zvyšuje v důsledku dalšího růstu vyšších řezných rychlostí a vyššího energetického působení na břit nástroje, je nutno počítat s tím, že vlastnosti povrchové vrstvy součásti se mohou výrazně měnit vzhledem k vlastnostem materiálu ve větší vzdálenosti od povrchu. [14]

## 2.7 Metody měření drsnosti povrchu

### 2.7.1 Porovnání s etalony drsnosti

Při této metodě se porovnává povrch buď okem, nebo mikroskopem. Tato metoda je již svou podstatou nepřesná (porovnává a vyhodnocuje odlišné parametry) a hraje zde velmi důležitou roli schopnost zkušenost metrologa.

Podmínky, které je důležité dodržovat při použití této metody:

-  stejný materiál etalonu a součásti (stejná by měla být alespoň barva),
-  tvar povrchu součásti a etalonu by měl být stejný (plochý, vypuklý,...),

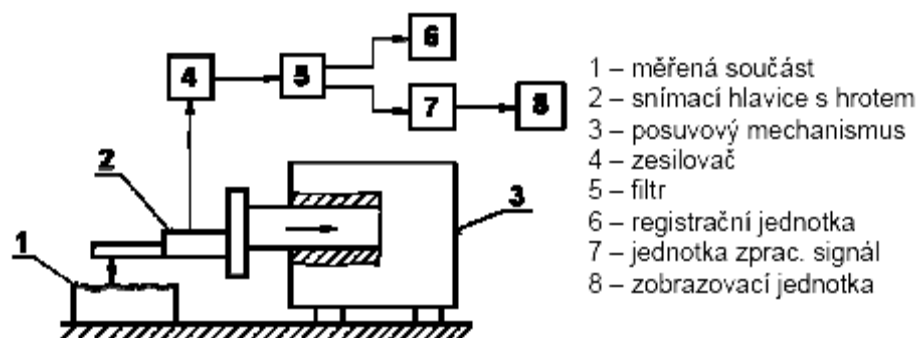
- ✚ musí být použita stejná trajektorie obrábění povrchu etalonu a součásti,
- ✚ stejné podmínky pozorování (světlo). [9]

### 2.7.2 Dotykový profiloměr

Při použití této metody se přímo odečítají číselné hodnoty jednotlivých parametrů drsnosti. Využívá se pro nejmodernější statistické a spektrální hodnocení nerovnosti povrchu.

Dotykový profilometr má 2 základní části:

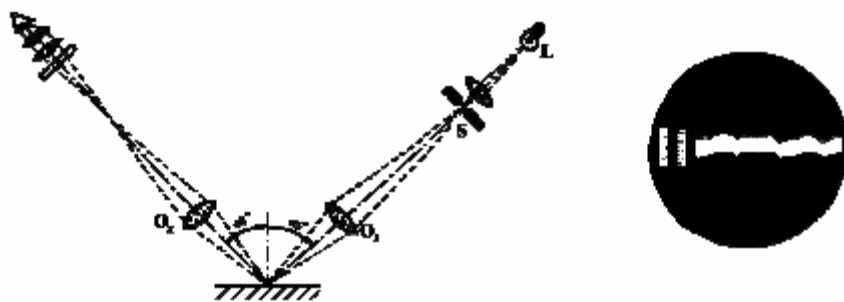
- ❖ mechanickou,
- ❖ elektronickou. [9]



Obr. 17 Princip měření dotykovým profilometrem [9]

### 2.7.3 Světelný řez

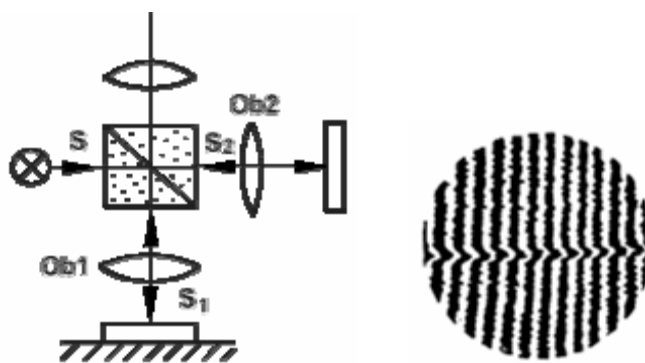
Pro určování drsnosti touto metodou se nejčastěji používá dvojitý mikroskop Schmalz. Velmi tenký paprsek dopadá na měřený povrch pod úhlem  $45^\circ$ . Odrazem od nerovnosti vzniká obraz profilu v poli mikroskopu. [9]



Obr. 18 Metoda světelného řezu – princip a obraz v okuláru [9]

#### 2.7.4 Interference světla

Paprsek prostupuje přes polopropustné zrcadlo a to jej rozdělí na 2 části. Část S1 pokračuje dále na měřený povrch a zpátky do okuláru a druhá část S2 se odrazí od zrcadla přímo zpět do okuláru. Tam paprsky interferují (spojí se) a získáme obraz povrchu. [9]



Obr. 19 Interferenční mikroskop (vlevo), obraz v okuláru přístroje (vpravo) [9]

## II - EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při nesousledném frézování nerezové oceli

Celé měření probíhalo v laboratořích Katedry obrábění a montáže na Technické univerzitě v Liberci.

Smyslem práce je zjistit dobu trvanlivosti břitu a kvalitu povrchu při nesousledném frézování a to při použití různých procesních kapalin firmy Paramo, a.s. Cílem tedy bude frézovat obrobek z jednotného materiálu jednotnými VBD a následné měření opotřebení břitu a kvalitu povrchu v čase při různých procesních kapalinách a z výsledků vyvodit závěry.

#### 3.1 Metodika měření trvanlivosti

Po upnutí obrobku předepsaným způsobem tak, aby byla dodržena bezpečnost práce do nejmenšího detailu, vynulujeme odměřování, aby se nám lépe odečítala naměřená hodnota. Frézka FNG je totiž vybavena číslicovým odměřováním a tedy i panelem, na kterém se zobrazuje aktuální poloha obrobku po určení nulového bodu. Toto odměřování bude také využito k určování doby frézování VBD. Po určitém časovém úseku bude měření přerušeno a zapíšeme naměřenou hodnotu, kterou následně podělíme hodnotou posuvu a tím získáme přesnou hodnotu času práce řezného nástroje.

Řezné podmínky byly nastaveny na následující hodnoty:

- Řezná rychlost  $v_c = 47,5$  [m/min]
- Otáčky  $n = 240$  [ot/min]
- Posuv  $f_z = 24$  [mm/zub]
- Hloubka záběru  $a_p = 1,0$  [mm]

Zásadní pro stanovení doby trvanlivosti výměnné destičky, resp. jejího břitu je stanovení meze otupení. Hodnotou kritického otupení volím tedy plošku vytvořenou na hřbetě VB o velikosti 0,7 mm.

Pro každou kapalinu provedeme celkem pět měření. Opotřebení bude měřeno nejdříve na místě pomocí lupy Brinell a poté detailně pomocí mikroskopu SZP 3112-T, jenž je opatřen kamerou.

### **3.2 Metodika měření drsnosti povrchu obrobku**

Při tomto měření bude zkoumána drsnost obrobeného povrchu, který vznikne odebráním třísky při různých procesních kapalinách. Řezné podmínky budou po celou dobu procesu stejné.

- Řezná rychlost  $vc = 33,6$  [m/min]
- Otáčky  $n = 170$  [ot/min]
- Posuv  $fz = 17$  [mm/zub]
- Hloubka záběru  $ap = 1,0$  [mm]

Pro tuto zkoušku si nejdříve připravíme celkem 7 polotovarů (pro 7 frézovaných prostředí) o rozměrech 25 x 20 x 10 mm z materiálu ČSN 17 351. Díky velké složitosti výměny PK v chladicím systému si dále připravíme jednotlivé PET lahve s jednotlivými PK. Přípravu PK provedeme stejně jako pro zkoušky měření trvanlivosti. Řezné podmínky se po celou dobu měření nemění.

Obrábění bude prováděno 1 destičkou osazenou na fréze. Obrábět se bude každý jednotlivý polotovar v daném prostředí. Nejprve upneme do svěráku polotovar č. 1, který obrobíme bez PK. Po výměně polotovaru, za neustálého stříkání PK z PET lahve na obráběnou plochu, obrobíme polotovar č. 2. Následně polotovar č. 3, č. 4, č. 5, č. 6 a nakonec č. 7. U takto obrobených

polotovarů v daném prostředí, budeme měřit drsnost dotykovou metodou pomocí sondy MITUTOYO- SURFTEST- SV 2000.

Každý polotovar bude pro dostatečně velkou množinu hodnot měřen celkem 10 krát. Sledovat budeme parametry  $R_a$ ,  $R_z$  a  $Ctp_{50}$ , které budou následně zprůměrovány a vloženy do grafu. Z těchto grafů budou poté vyvozeny závěry o vlivu jednotlivých prostředí na kvalitu povrchu.

### 3.3 Příprava procesní kapaliny

Smícháme vodu a procesní kapalinu tak, abychom dosáhli 5 % koncentrace. Pokud chcete připravit 5% roztok procesní kapaliny, musíme při měření postupovat dle rovnice  $SK = K \cdot RK$ , kde  $SK$  = skutečná koncentrace,  $K$  = opravný koeficient a  $RK$  = koncentrace naměřená refraktometricky. V našem případě se dá tato rovnice převést do tvaru  $RK = 5/r_i$ , kde  $RK$ =koncentrace naměřená na refraktometru,  $5$ =konečná koncentrace,  $r_i$ =refrakční faktor (opravný koeficient).

Při přípravě kapaliny naléváme procesní kapalinu do vody (nikoliv opačně) z důvodu lepšího rozmístění částic procesní kapaliny ve vodě.



Obr. 20 Chladicí systém



## **4. Popis strojů, přístrojů, materiálů a použitých PK.**

Frézování bylo prováděno na frézce FNG32 s čelní frézou NAREX 2460.12 o průměru  $D=60$  mm s 5 vyměnitelnými lůžky pro VBD. Pro měření byly použity tyto přístroje: nástrojová lupa Brinell, mikroskop SZP 3112-T a laboratorní profiloměr Mitutoyo SV – 2000. Ke stanovení správné koncentrace PK byl použit refraktometr Optech Brix, typ RLC/ATC. Všechny použité stroje a měřicí přístroje se nachází v laboratoři KOM TU v Liberci. K měření byly použity tyto kapaliny od firmy Paramo a.s.: ESOK 1.0F, ESOK 1.0E, ESOK 1.1B, ESOK 1.1D, ESOM 1.0D.

Jako materiál je použit nerezová ocel ČSN 17351. Její chemické složení je 0,08% C + 15,5-17% Cr + 5,5-7% Ni + 0,3-0,8% Mn + 0,9 Si + 0,045 P + 0,035 S. Polotovar pro měření trvanlivosti má pak tvar jednoho hranolu o rozměrech cca 570 x 50 x 55 milimetrů a pro měření drsnosti sedmi o rozměrech cca 25 x 20 x 10 milimetrů.

### **4.1 Nástrojová frézka FNG 32**

Pro nesousledné frézování byl navržen a použit stroj FNG 32. Jedná se o konvenční nástrojařskou frézku, určenou pro frézovací, vrtací, vyvrtávací a závitovací operace na obrobcích do hmotnosti 350 kg v malosériové výrobě, zejména v nářadovnách. Je dodávána s horizontálním vřetenem, uloženým ve smykadlovém vřeteníku. Dále je stroj vybaven vertikální hlavou a pevným úhlovým stolem. Vertikální hlava je opatřena pinolou s ručním výsuvem, vřeteno lze naklápět v rozsahu  $\pm 90^\circ$ . Dokonalé upnutí nástroje je zajištěno pneumaticko-hydraulickým upínáním nástroje v horizontálním i vertikálním vřetenu. Rozsah otáček vřetena je rozdělen do dvou stupňů s plynulou regulací s maximem 4 000 ot./min. a v kombinaci s plynulou regulací pracovních posuvů umožňuje hospodárné obrábění nejrůznějších druhů materiálů. Optimální mazání funkčních ploch je zajištěno pomocí mazacího agregátu s dávkovači. Stroj je rovněž

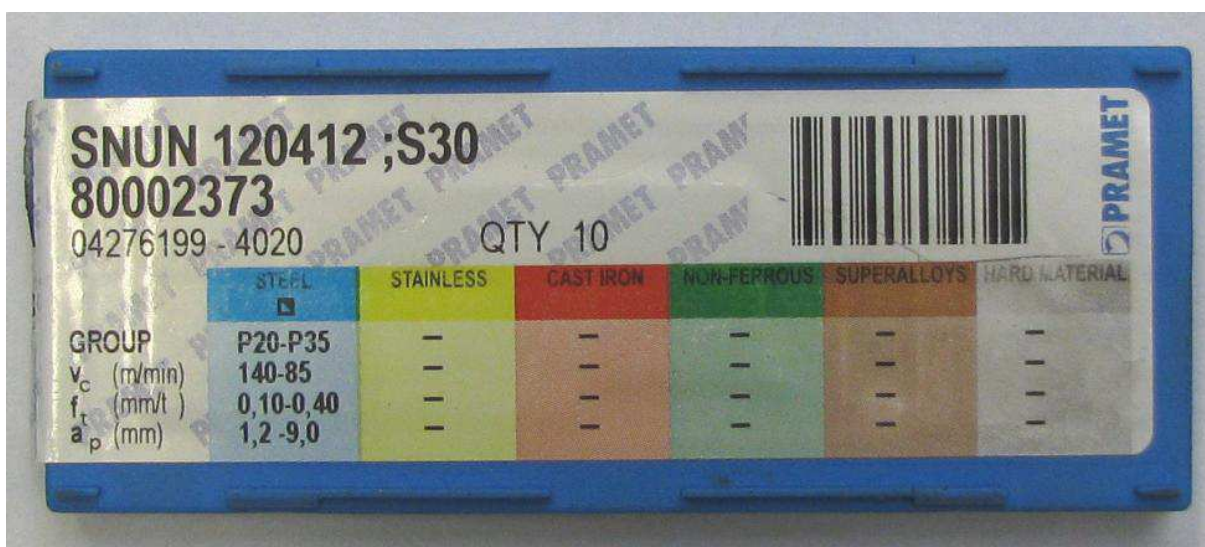
vybaven chlazením nástroje, svítidlem a bezpečnostním krytem pracovního prostoru. Technologické možnosti stroje rozšiřuje použití zvláštního příslušenství [11].



Obr. 21 Nástrojová frézka FNG 32

## 4.2 Výměnné břitové destičky

Vzhledem k tomu, že jsem, použil obrobek z materiálu ČSN 17351, tak jsem jako VBD použil destičky od firmy Pramet Tools, s.r.o. označená SNUN 120412 ; 8230.



Obr. 22 Výměnné břitové destičky

### 4.3 Nástrojová lupa Brinell

Opotřebení VBD bylo naměřeno nástrojovou lupou Brinell. Lupa zvětšuje 24x. Stupnice je rozdělena po 0,05 mm. Velkou výhodou této lupy je rychlost a přesnost měření bez nutnosti použití mikroskopu.



Obr. 23 Nástrojová Lupa Brinell

### 4.4 Laboratorní profiloměr Mitutoyo Surftest SV-2000 N2

Pro změření drsnosti byl použit dotykový laboratorní profiloměr Mitutoyo Surftest SV-2000 N2 a osobní počítač Dell s nainstalovaným programem Surfpark. Program Surfpark je naprogramován na ovládání a zpracování dat z profiloměru Mitutoyo. Ovládá se pomocí grafického rozhraní ve Windows a výstupy mají jak textovou, tak i grafickou formu.



Obr. 24 Laboratorní profiloměr Mitutoyo Surftest SV-2000 N2

## 4.5 Refraktometr

Pro měření koncentrace emulzního oleje ve vodě, jsem používal refraktometr Optech Brix, typ RLC/ATC, rozsah koncentrace 0-18%, přesnost 0,1% .



Obr. 25 . Refraktometr

## 4.6 Procesní kapaliny

Pro experimenty týkající se porovnání trvanlivosti VBD a drsnosti povrchu mi byly zadány tyto PK od společnosti PARAMO, a.s. Doporučený refrakční index  $n_D$  emulzních olejů, při kterých bylo prováděno měření je uveden v tabulce.

Procesní kapalina	Refrakční index
ESOK 1.10E	3,1
ESOK 1.0F	3,1
ESOK 1.1B	2,1
ESOK 1.1D	1,85
ESOK 1.0D	3

Tab. 1 Refrakční index



Obr. 26 Procesní kapaliny v přenosných nádobách

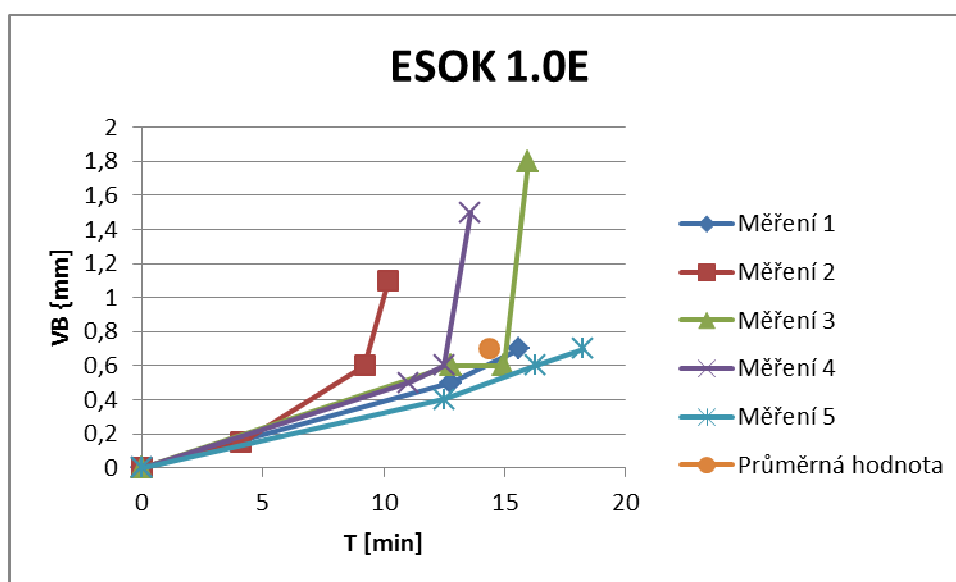
## 5 . Naměřené hodnoty

### 5.1 Trvanlivost nástroje

Následuje přehled naměřených výsledků měření trvanlivosti nástroje při užití výše uvedených PK. Pro úplnost a pro porovnání jsou zde uvedeny i hodnoty naměřené při užití vody a frézování bez PK.

#### 5.1.1 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0E

Měření trvanlivosti pomocí kapaliny ESOK 1.0E														
1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
308	12,8	0,5	100	4,1	0,15	306	12,75	0,6	265	11,04	0,5	300	12,5	0,4
375	15,6	0,7	220	9,2	0,6	359	14,95	0,6	300	12,5	0,6	390	16,25	0,6
			245	10,2	1,1	383	15,96	1,8	326	13,58	1,5	438	18,25	0,7

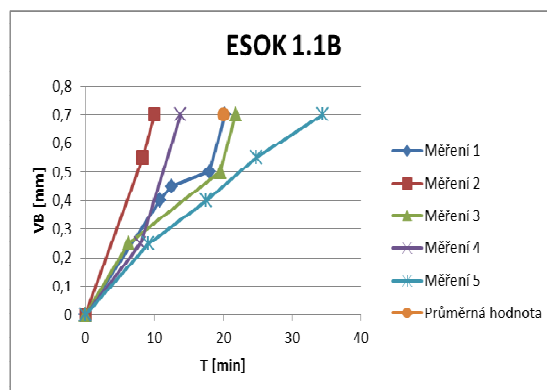
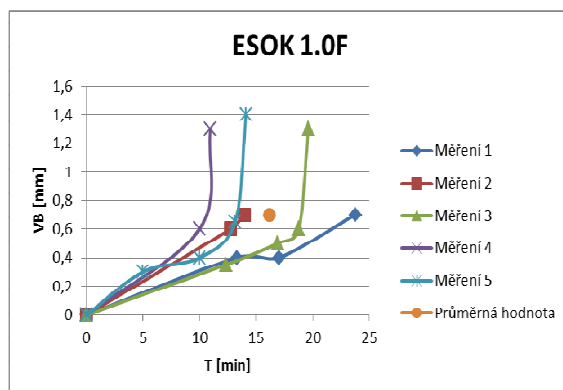


### 5.1.2 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0F

1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	13,3	0,4	305	12,7	0,6	295	12,3	0,35	240	10	0,6	120	5	0,3
410	17	0,4	335	13,96	0,7	407	16,9	0,5	263	10,96	1,3	240	10	0,4
572	23,8	0,7				450	18,75	0,6				315	13,13	0,65
						472	19,6	1,3				338	14,1	1,4

### 5.1.3 Přehled měření za užití PK ESOK 1.1B

1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
260	10,8	0,4	200	8,3	0,55	150	6,25	0,25	192	8	0,25	220	9,17	0,25
300	12,5	0,45	240	10	0,7	470	19,6	0,5	332	13,8	0,7	420	17,5	0,4
433	18	0,5				524	21,8	0,7				596	24,8	0,55
488	20,3	0,7										827	34,45	0,7

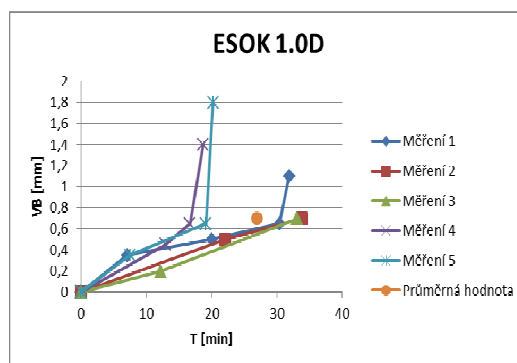
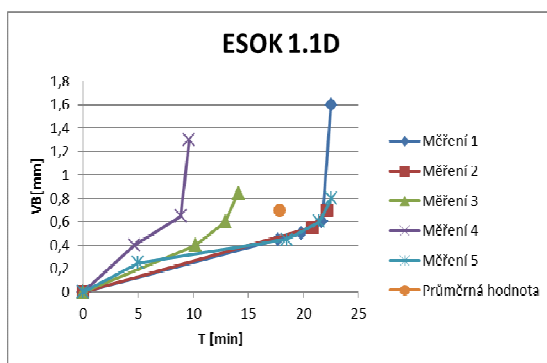


#### 5.1.4 Přehled měření za užití PK ESOK 1.1D

1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
425	17,7	0,45	500	20,8	0,55	244	10,2	0,4	111	4,625	0,4	120	5	0,25
475	19,8	0,5	530	22,1	0,7	310	12,92	0,6	213	8,875	0,65	445	18,5	0,45
520	21,67	0,6				338	14,1	0,85	231	9,625	1,3	515	21,4	0,6
540	22,5	1,6										541	22,54	0,8

#### 5.1.5 Přehled měření za užití PK ESOK 1.0D

1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	7,1	0,35	530	22,1	0,5	293	12,2	0,2	310	12,9	0,45	180	7,5	0,35
480	20	0,5	812	33,8	0,7	794	33,1	0,7	400	16,7	0,65	460	19,1	0,65
730	30,4	0,65							449	18,7	1,4	486	20,25	1,8
765	31,88	1,1												



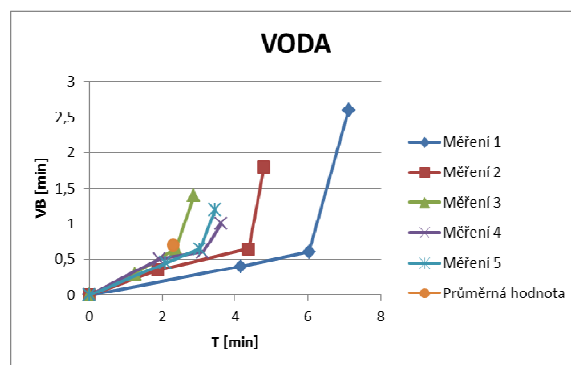
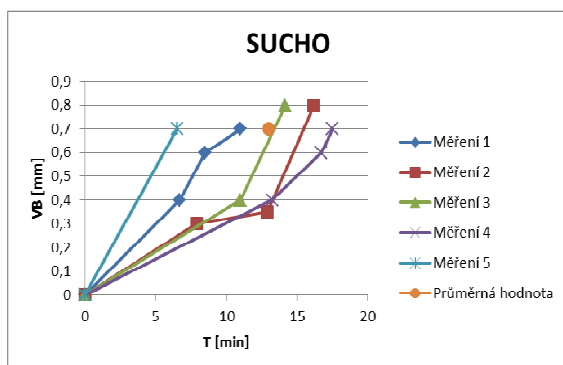


### 5.1.6 Přehled měření bez užití PK

1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	6,7	0,4	190	7,9	0,3	265	11	0,4	318	13,25	0,4	157	6,5	0,7
203	8,5	0,6	310	12,9	0,35	340	14,17	0,8	401	16,7	0,6			
264	11	0,7	388	16,17	0,8				421	17,5	0,7			

### 5.1.7 Přehled měření za užití vody

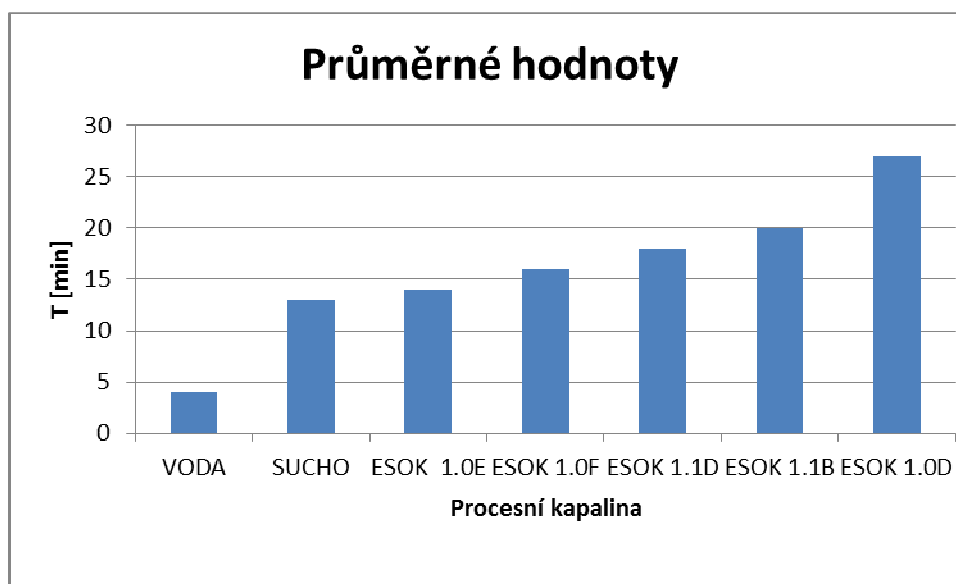
1			2			3			4			5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]	L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	4,17	0,4	45	1,875	0,35	30	1,25	0,3	46	1,917	0,5	50	2,1	0,45
145	6,04	0,6	105	4,375	0,65	57	2,375	0,65	75	3,125	0,6	73	3,04	0,65
171	7,125	2,6	115	4,79	1,8	69	2,875	1,4	87	3,625	1	83	3,458	1,2



Průměrné hodnoty trvanlivosti jsou v síťových grafech zachyceny oranžovou barvou (kolečko). Zde pro přehlednost uvádím posloupný přehled zaokrouhlených průměrných hodnot v minutách.

### 5.1.8 Průměrné hodnoty

Kapalina	VODA	SUCHO	ESOK 1.0E	ESOK 1.0F	ESOK 1.1D	ESOK 1.1B	ESOK 1.0D
Průměrná hodnota	4	13	14	16	18	20	27

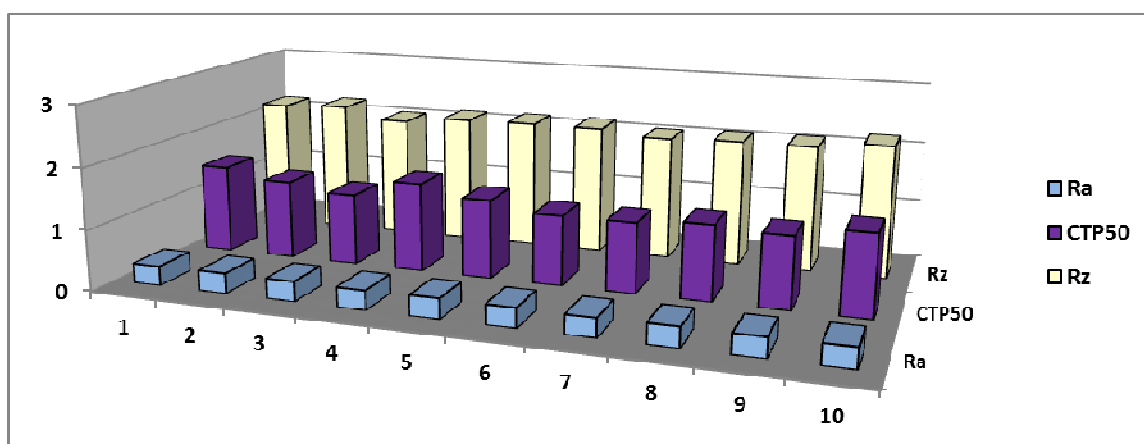


## 5.2 Měření drsnosti.

Ve sloupcových grafech je průměrná hodnota zobrazena jako sloupec č. 11. I zde jsou zachyceny výsledky měření pomocí všech výše uvedených PK včetně vody a frézování bez PK.

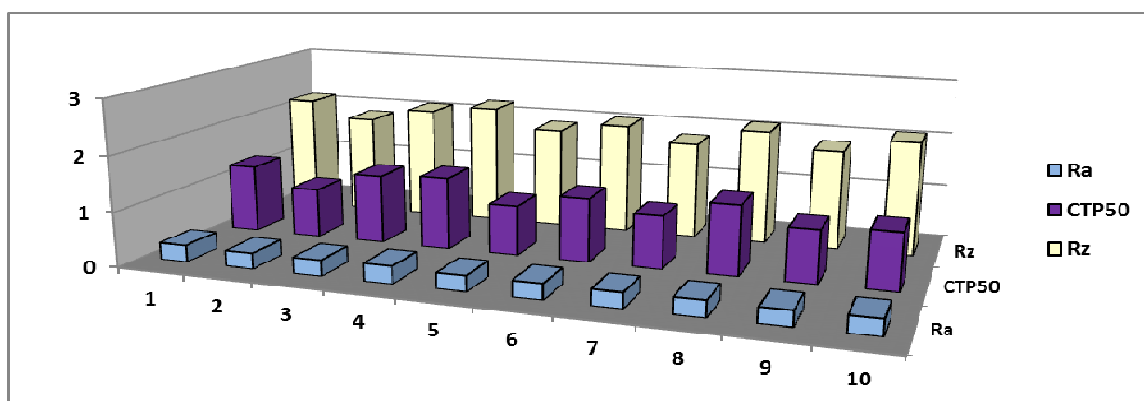
### 5.2.1 Měření drsnosti za užití kapaliny ESOK 1.0D

Procesní kapalina ESOK 1.0D			
Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	CTP50
1	0,319	2,192	1,476
2	0,329	2,236	1,312
3	0,327	2,050	1,189
4	0,317	2,150	1,481
5	0,328	2,166	1,30975
6	0,321	2,162	1,1603
7	0,309	2,064	1,1603
8	0,322	2,102	1,241
9	0,320	2,104	1,183
10	0,328	2,203	1,340
$\emptyset$	0,322	2,1429	1,285



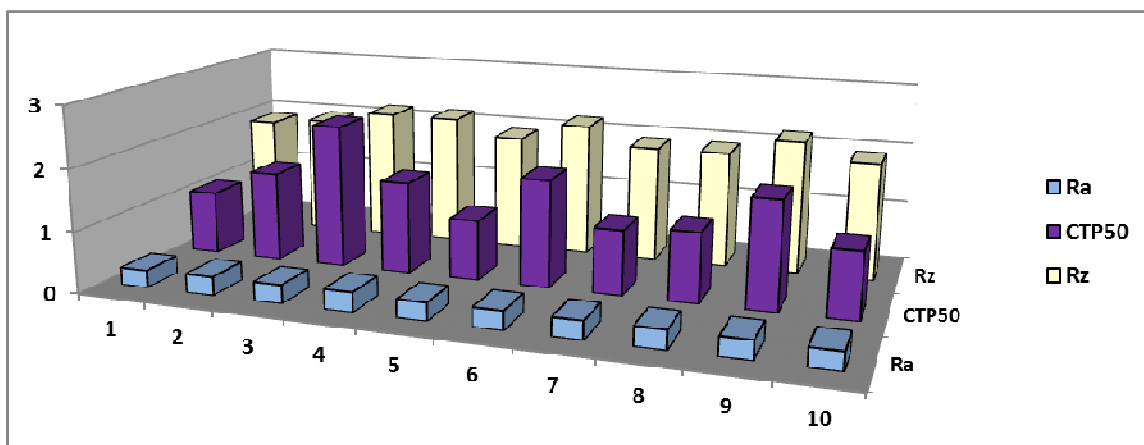
### 5.2.2 Měření drsnosti za užití kapaliny ESOK 1.0E

Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	C <sub>TP50</sub>
1	0,308	2,161	1,255
2	0,285	1,857	0,911
3	0,292	2,099	1,271
4	0,315	2,226	1,333
5	0,285	1,878	0,919
6	0,290	2,048	1,168
7	0,278	1,787	0,965
8	0,292	2,109	1,275
9	0,277	1,837	0,958
10	0,297	2,088	1,0375
$\emptyset$	0.2916	2,009	1,109



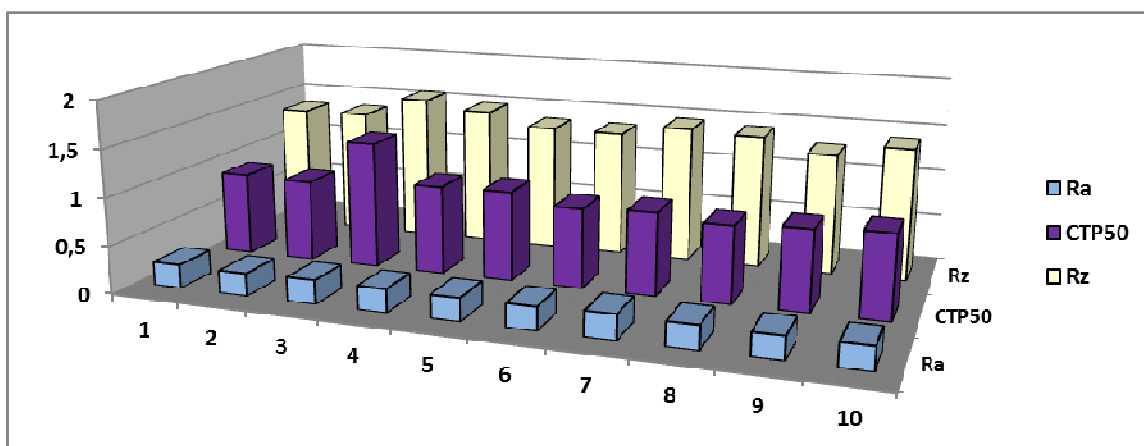
### 5.2.3 Měření drsnosti za užití kapaliny ESOK 1.0F

Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	C <sub>TP50</sub>
1	0,282	1,891	1,046
2	0,301	1,983	1,475
3	0,301	2,184	2,363
4	0,317	2,180	1,511
5	0,292	1,918	0,992
6	0,304	2,211	1,752
7	0,94	1,917	1,061
8	0,306	1,923	1,143
9	0,301	2,193	1,755
10	0,293	1,991	1,082
$\emptyset$	0,2991	2,0331	1,418



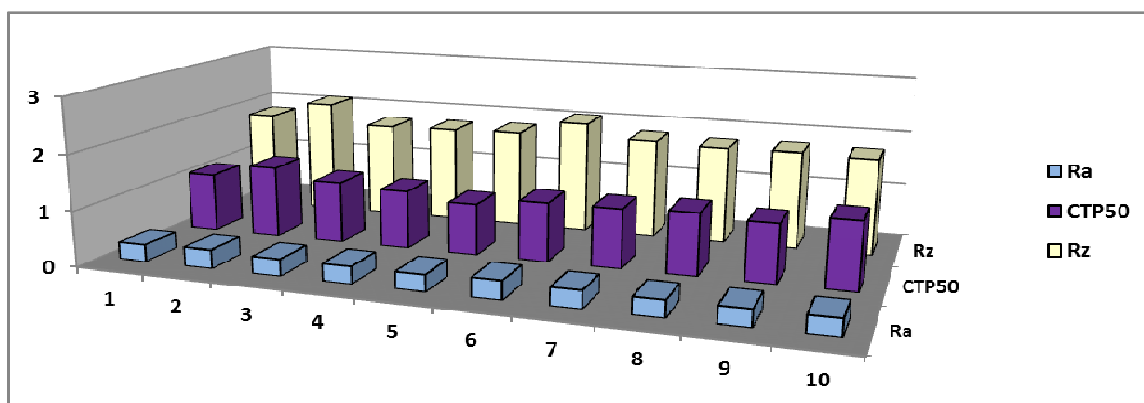
#### 5.2.4 Měření drsnosti za užití kapaliny ESOK 1.1B

Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	C <sub>TP50</sub>
1	0,249	1,356	0,8855
2	0,236	1,364	0,867
3	0,251	1,579	1,346
4	0,244	1,491	0,941
5	0,241	1,358	0,953
6	0,243	1,351	0,844
7	0,258	1,458	0,875
8	0,247	1,1425	0,811
9	0,238	1,284	0,848
10	0,239	1,406	0,884
Ø	0,2448	1,4072	0,925



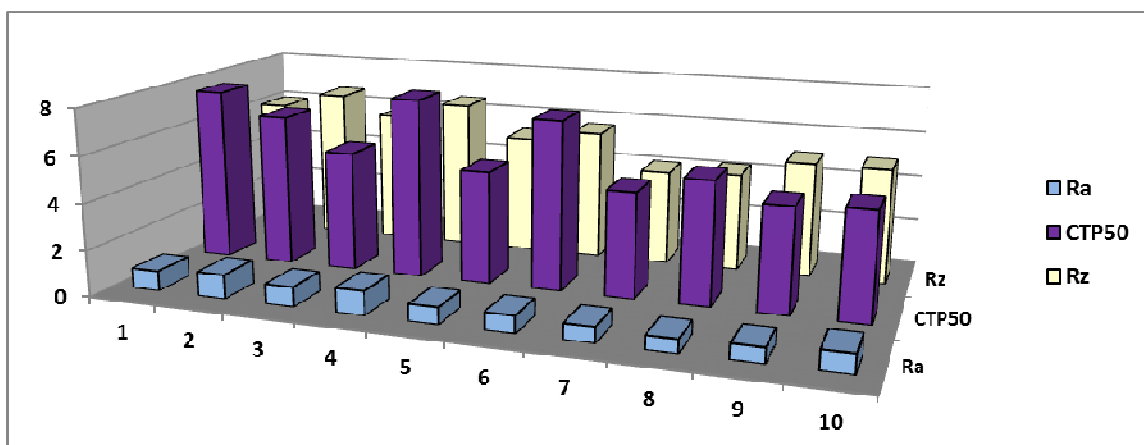
### 5.2.5 Měření drsnosti za užití kapaliny ESOK 1.1D

Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	C <sub>TP50</sub>
1	0,306	1,822	1,07575
2	0,337	2,125	1,309
3	0,298	1,763	1,1235
4	0,306	1,783	1,067
5	0,301	1,814	0,936
6	0,336	2,069	1,072
7	0,12	1,825	1,81
8	0,298	1,772	1,121
9	0,301	1,79	1,056
10	0,304	1,756	1,2203
$\emptyset$	0,3099	1,8519	1,106



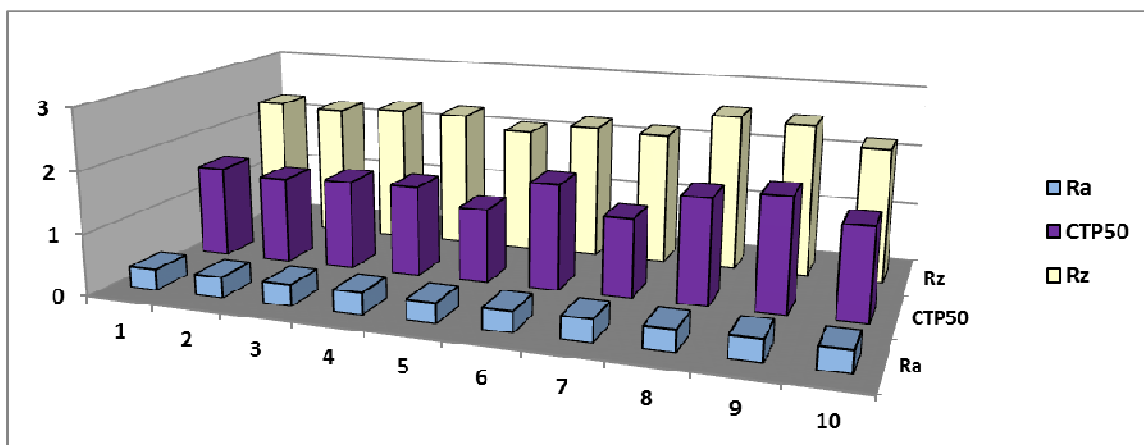
### 5.2.6 Měření drsnosti bez užití PK

SUCHO			
Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	C <sub>TP50</sub>
1	0,862	6,034	7,588
2	1,033	6,691	6,639
3	0,847	5,9	5,242
4	1,035	6,606	7,805
5	0,717	5,251	4,911
6	0,742	5,714	7,335
7	0,673	4,158	4,582
8	0,568	4,299	5,334
9	0,648	5,052	4,5465
10	0,821	5,023	4,668
$\emptyset$	0,7946	5,4728	5,865



### 5.2.7 Měření drsnosti za užití vody

VODA			
Měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	C <sub>TP50</sub>
1	0,337	2,283	1,517
2	0,338	2,231	1,429
3	0,344	2,298	1,4735
4	0,346	2,287	1,485
5	3,325	2,077	1,216
6	0,333	2,237	1,722
7	0,352	2,178	1,286
8	0,345	2,571	1,716
9	0,353	2,512	1,847
10	0,34	2,201	1,496
$\emptyset$	0,3413	2,2875	1,519



## 5.2.8 Průměrné hodnoty

Průměrné hodnoty drsnosti Ra

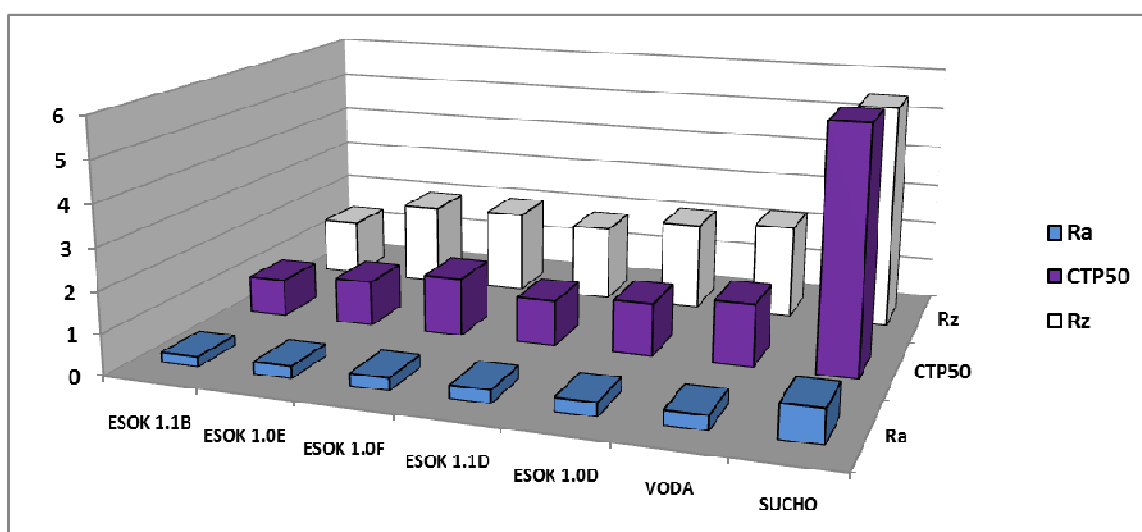
Kapalina	SUCHO	VODA	ESOK 1.1B	ESOK 1.0E	ESOK 1.0F	ESOK 1.1D	ESOK 1.0D
Průměrná hodnota	0,794	0,3413	0.2448	0,2916	0.2991	0.3099	0,322

Průměrné hodnoty drsnosti Rz

Kapalina	SUCHO	VODA	ESOK 1.1B	ESOK 1.1D	ESOK 1.0E	ESOK 1.0F	ESOK 1.0D
Průměrná hodnota	5,4728	2,2875	1.4072	1,8519	2,009	2,0331	2,1429

Průměrné hodnoty nosného podílu obrobku

Kapalina	SUCHO	VODA	ESOK 1.1B	ESOK 1.0D	ESOK 1.0E	ESOK 1.0D	ESOK 1.0F
Průměrná hodnota	5,865	1,519	0,925	1,106	1,109	1,285	1,418





## ZÁVĚR

Účelem této práce bylo pomocí laboratorních pokusů, pomocí metody přímého pozorování, měření a analýzy naměřených výsledků určit a rozpoznat vliv procesních kapalin od firmy Paramo, a.s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli a navrhnout firmě Paramo,a.s. takovou kapalinu, která je nejvhodnější na zkoušky v průmyslu.

Po zhodnocení všech výsledků měření jsem došel k těmto závěrům. Porovnáním vlivu různých prostředí na průměrnou trvanlivost VBD při frézování antikorozi oceli ČSN 17 351 vyplývá, že ve srovnání s frézováním bez kapaliny, tedy za sucha:

- Můžeme při použití vody očekávat *snížení trvanlivosti o 69% – 70%*.
- Při použití kapalin ESOK 1.0E a ESOK 1.0F můžeme naopak očekávat *zvýšení trvanlivosti o 7% - 23%*.
- při použití ESOK 1.1D a ESOK 1.1B můžeme očekávat zvýšení trvanlivosti o *38% - 54%*.
- Při použití ESOK 1.0D můžeme očekávat zvýšení trvanlivosti o *107% - 108%*.

Stran vlivu na drsnost povrchu zjišťuji následující:

- nejlepší vliv na snížení drsnosti povrchu parametrů Ra, Rz a C<sub>tp50</sub> má procesní kapalina **ESOK 1.1B**, která dokázala snížit parametr Ra o 325 % oproti frézování bez užití procesní kapaliny. Ostatní kapaliny snížily drsnost povrchu o 272 % - 246%. Voda poté snížila drsnost povrchu o 233 %.

Závěrem tak lze konstatovat, že na základě naměřených výsledků jsme navrhli pro zkoušky v průmyslu využít kapalinu **ESOK 1.1B** firmy PARAMO a.s. jak z hlediska trvanlivosti, tak z hlediska kvality povrchu. Firma PARAMO, a.s. návrh akceptovala.

## Použitá Literatura

- [1] Definice tvrdosti. *Měření tvrdosti* [online]. © 2005-2011 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z: <http://www.merenitvrdosti.cz/definice-tvrdosti.html>
- [2] ČEP, Robert. Strojírenské technologie. *Přednášky z předmětu Strojírenské technologie II* [online]. 2011 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~cep77/>
- [3] KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, s.r.o., prosinec 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [4] JERSÁK, J. *Základní pojmy, podstata technologie obrábění* (podklad pro výuku předmětu TECHNOLOGIE III - OBRÁBĚNÍ). [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, katedra obrábění a montáže, 2001. Dostupné na: [http://www.kom.tul.cz/soubory/tob\\_pod.zip](http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_pod.zip)
- [5] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II - 1. díl*. 1. vyd. [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 119 s. Dostupné na: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_1dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf)
- [6] FOREJT, Milan., PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1.vyd.Brno:Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226s. ISBN 80-214-2374-9.
- [7] PŘIKRYL, Zdeněk; MUSÍLKOVÁ, Rosa. *Teorie obrábění*. 3., opravné vydání. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982. 240 s.
- [8] BILÍK, O., MÁDL, J. *Trvanlivost bříty a provozní spolehlivost obráběcího nástroje*. (sv. 1 Knihovničky strojírenské technologie). Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2001, 86 s. ISBN 80-7044-389-8
- [9] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II - 2. díl*. 1. vyd. [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 119 s. Dostupné na: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf)
- [10] HOMMEL CS s.r.o. *Drsnost povrchu*. [online]. Dostupné na: <http://www.hommel-etamic.cz/cz/pdf/HOMMEL%20CS%20plakat.pdf>
- [11]. *Výrobní program*. TOS Olomouc. [cit. 28. března 2012]. Dostupné na: <http://www.tos-olomouc.cz/oc-cz/vyrobní-program/>.
- [12]. Řezná kapalina. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 7.7.2012 [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98ezn%C3%A1\\_kapalina](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98ezn%C3%A1_kapalina)
- [13] Paramo vyvíjí novou generaci procesních kapalin pro obrábění. *Paramo, a.s.* [online]. 4.6.2012 [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: [http://www.paramo.cz/cs/sd/novinky/firemni-novinky/4\\_6\\_2012\\_obrabeci\\_kapaliny.html](http://www.paramo.cz/cs/sd/novinky/firemni-novinky/4_6_2012_obrabeci_kapaliny.html)

[14] INTEGRITA POVRCHU A JEJÍ VÝZNAM PRO POSOUZENÍ VHODNOSTI DANÉ PLOCHY PRO JEJÍ FUNKCI. [online]. [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: [http://gps.fme.vutbr.cz/STAH\\_INFO/2512\\_Bumbalek.pdf](http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2512_Bumbalek.pdf)

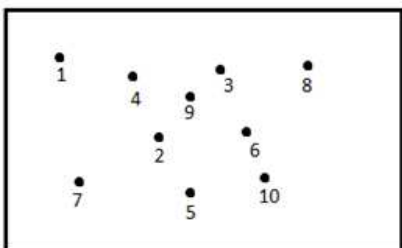

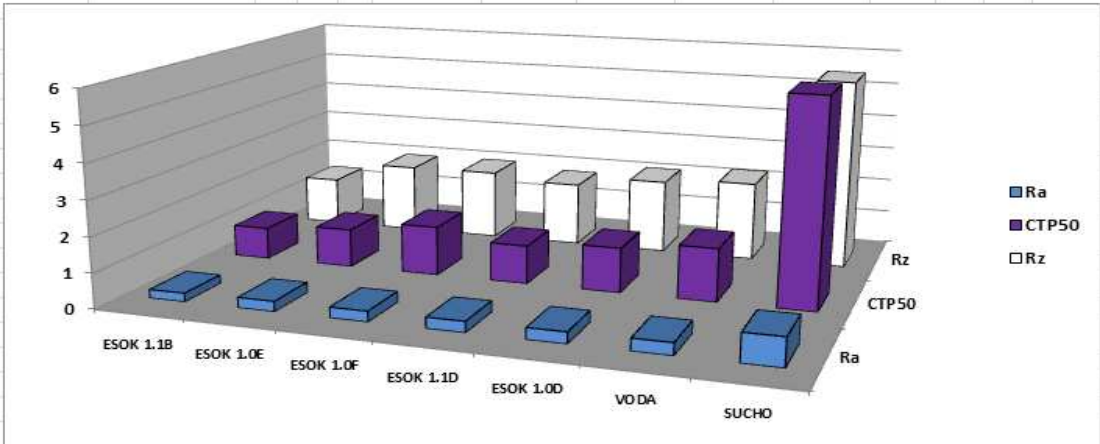
[15] BUMBÁLEK, B.; BUMBÁLEK L. Zbytková napětí a jejich význam při řešení integrity povrchu. Strojírenská technologie, ročník XI, 3/2006, s. 9-17. ISSN 1211-4162

**Přílohy:**

**Formuláře výsledků měření**

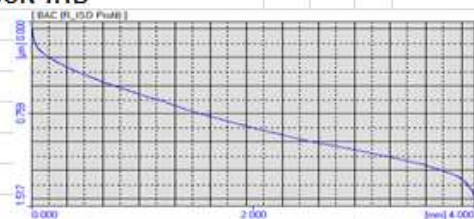
### III – Přílohová část

#### Formuláře výsledků měření

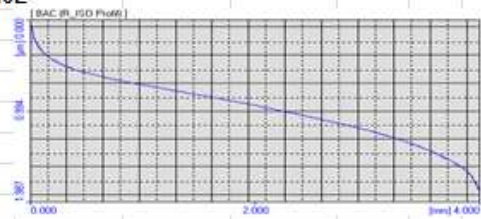
Projekt TAČR - TA02021332		FS, TU v Liberci	
Ekologické obráběcí kapaliny nové generace			
<b>Měření drsnosti povrchu</b>			
- procesní kapalina:	SUCHO, VODA, ESOK 1.0D, ESOK 1.1D, ESOK 1.0F, ESOK 1.0E, ESOK 1.1B	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	ČSN 17351	měření provedl:	Schindelarz
<b>Místa měření</b>		<b>Fotografická dokumentace</b>	
			
<b>Podmínky měření</b>			
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.			
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5µm, vrcholový úhel 90°)			
Měřená délka: 4,8 mm			
Polotovar: 20 x 25 x 10 mm			
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>			
Průměrné hodnoty			
Kapalina	Ra [µm]	CTP50	Rz [µm]
ESOK 1.1B	0,2448	0,925	1,4072
ESOK 1.0E	0,2916	1,109	2,009
ESOK 1.0F	0,2991	1,418	2,0331
ESOK 1.1D	0,3099	1,106	1,8519
ESOK 1.0D	0,322	1,285	2,1429
VODA	0,3413	1,519	2,2875
SUCHO	0,7946	5,865	5,4728
<b>Průměrné hodnoty - graf</b>			
			

## Křivka materiálového podílu jednotlivých procesních kapalin

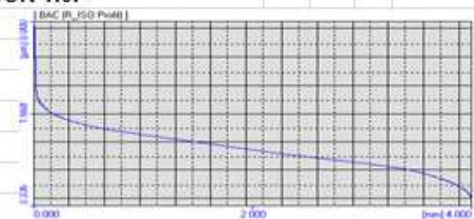
ESOK 1.1B



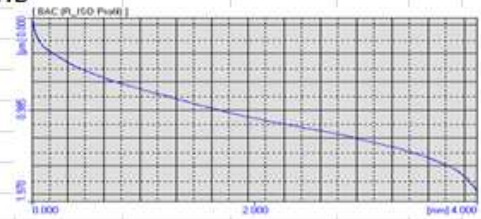
ESOK 1.0E



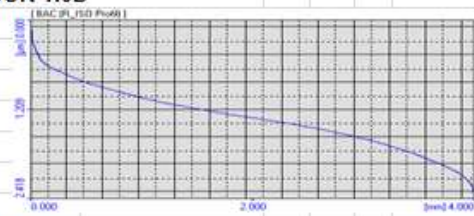
ESOK 1.0F



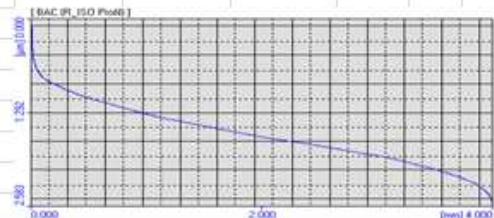
ESOK 1.1D



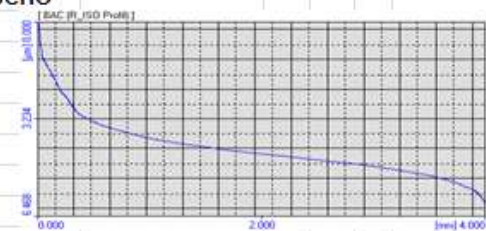
ESOK 1.0D



VODA



SUCHO



## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

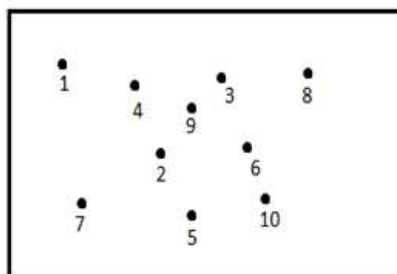
- procesní kapalina: **ESOK 1.1B**

datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)

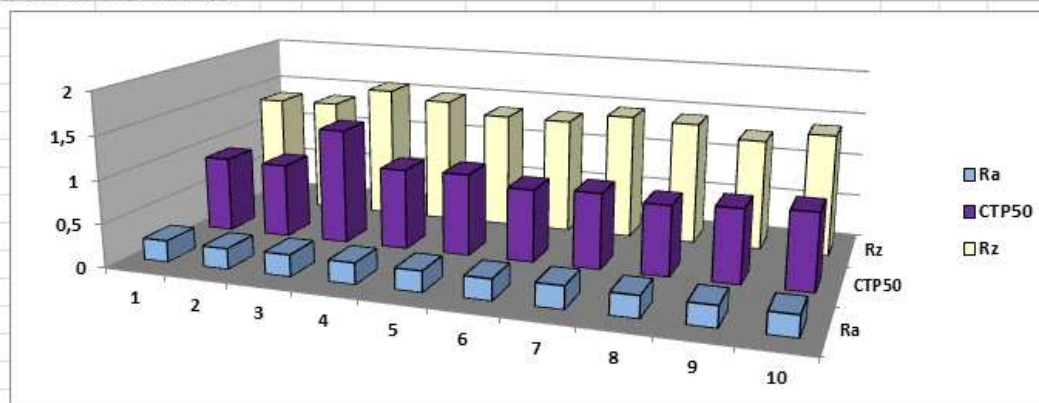
Měřená délka: 4,8 mm

Polotovar: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

Procesní kapalina ESOK 1.1B			
Měření	Ra [μm]	CTP50	Rz [μm]
1	0,249	0,8855	1,356
2	0,238	0,867	1,364
3	0,251	1,346	1,579
4	0,244	0,941	1,491
5	0,241	0,953	1,358
6	0,243	0,844	1,351
7	0,258	0,875	1,458
8	0,247	0,811	1,425
9	0,238	0,848	1,284
10	0,239	0,884	1,406
Ø	0,2448	0,925	1,4072
(+,-)	0,00476	0,11283	0,0622

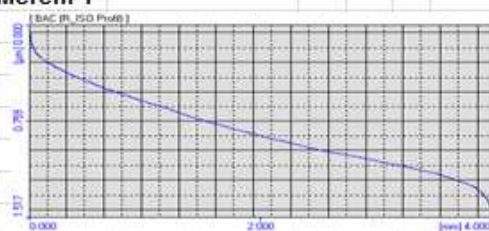
## Naměřené hodnoty - graf



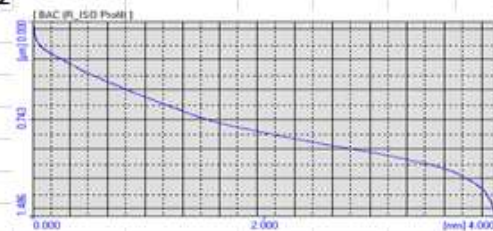


# Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

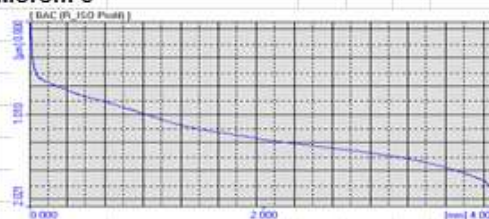
**Měření 1**



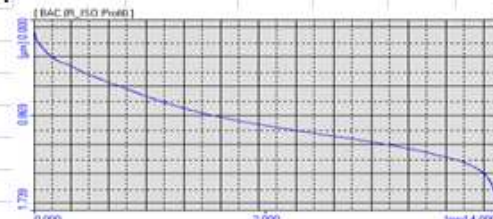
**Měření 2**



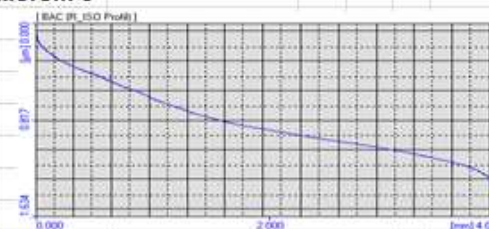
**Měření 3**



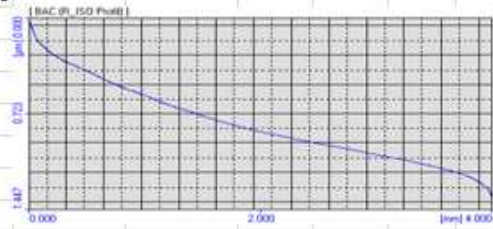
**Měření 4**



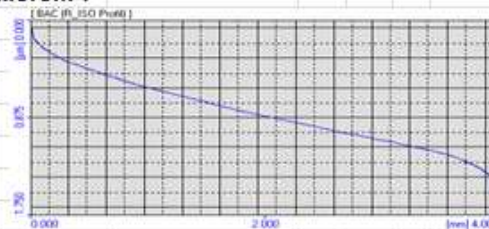
**Měření 5**



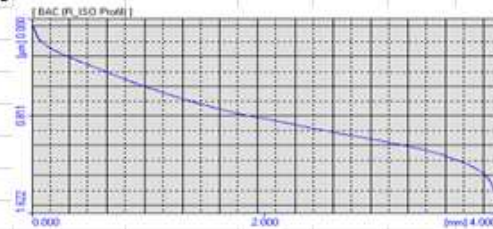
**Měření 6**



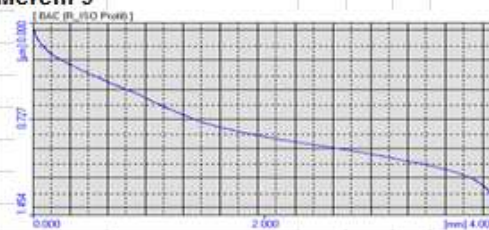
**Měření 7**



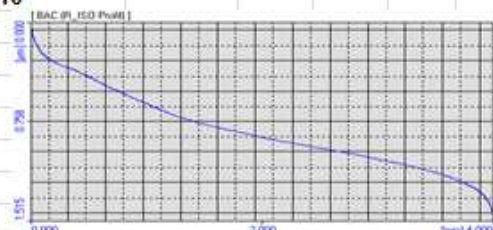
**Měření 8**



**Měření 9**



**Měření 10**





## Ekologické obrábění kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

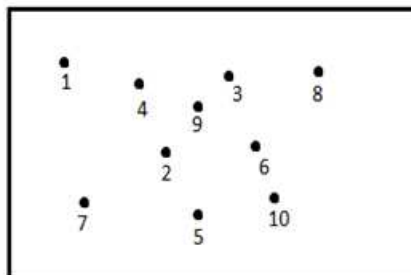
- procesní kapalina: **ESOK 1.0E**

datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)

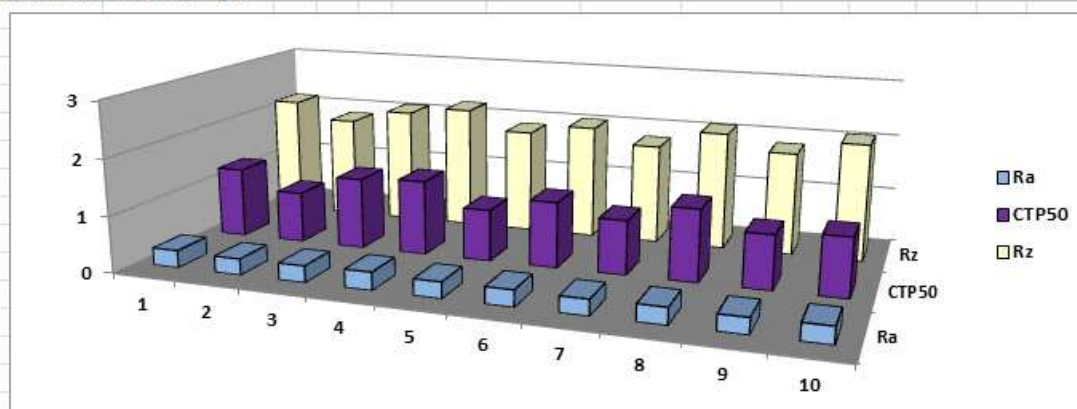
Měřená délka: 4,8 mm

Polotovar: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

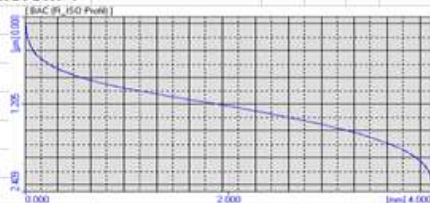
Procesní kapalina ESOK 1.0E			
Měření	Ra [μm]	CTP50	Rz [μm]
1	0,308	1,255	2,161
2	0,285	0,911	1,857
3	0,292	1,271	2,099
4	0,315	1,333	2,226
5	0,285	0,919	1,878
6	0,29	1,168	2,048
7	0,278	0,965	1,787
8	0,292	1,275	2,109
9	0,277	0,958	1,837
10	0,294	1,0375	2,088
Ø	0,2916	1,418	2,009
(+,-)	0,00885	0,12294	0,11345

## Naměřené hodnoty - graf

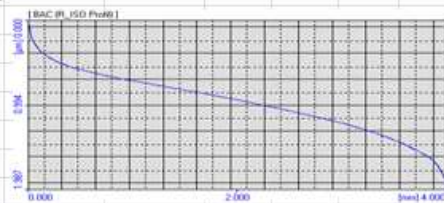


# Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

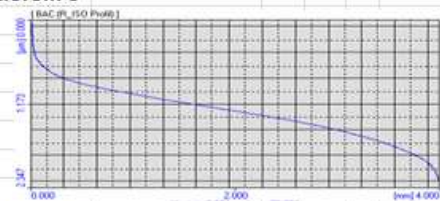
Měření 1



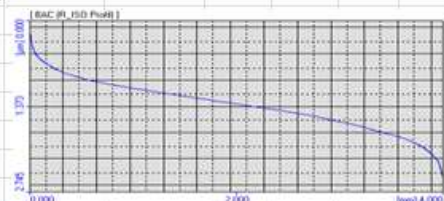
Měření 2



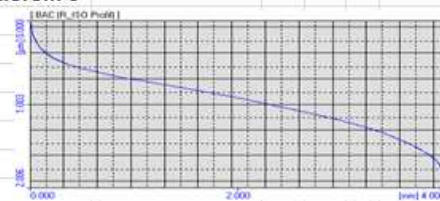
Měření 3



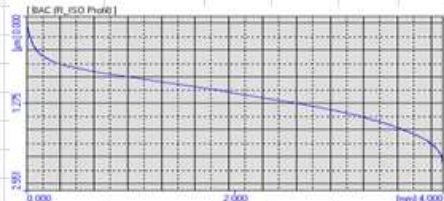
Měření 4



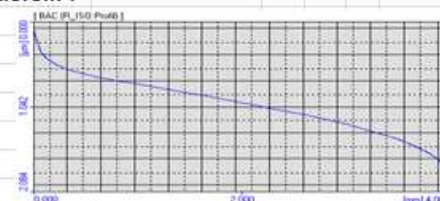
Měření 5



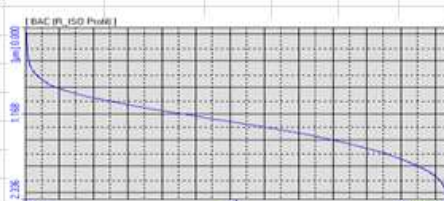
Měření 6



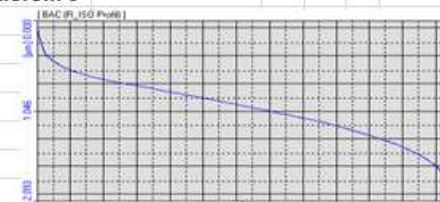
Měření 7



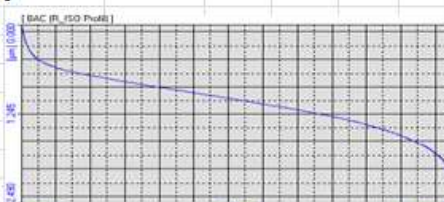
Měření 8



Měření 9



Měření 10



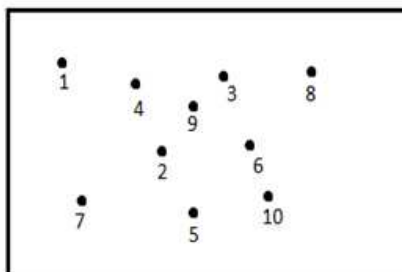
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

- procesní kapalina: **ESOK 1.0F**  
 - obráběný materiál: **ČSN 17351**

datum měření: 16.10.12  
 měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



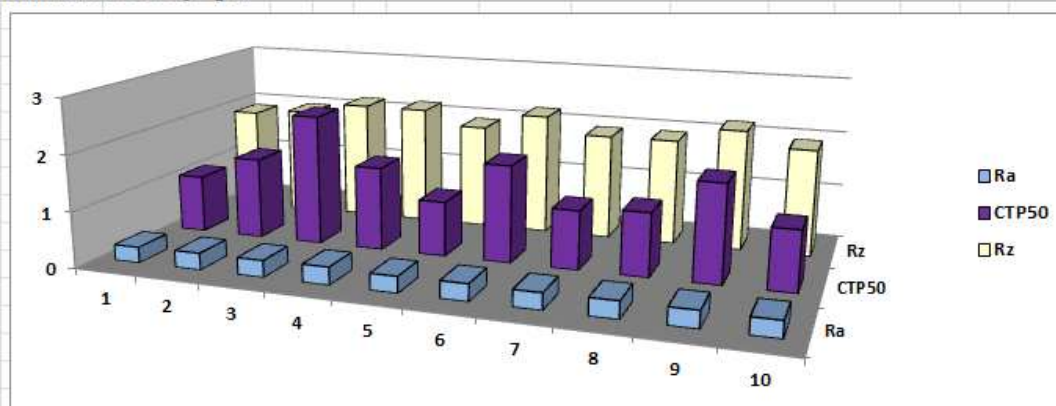
## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.  
 Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)  
 Měřená délka: 4,8 mm  
 Polotovár: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

Procesní kapalina ESOK 1.0F			
Měření	Ra [μm]	CTP50	Rz [μm]
1	0,282	1,046	1,891
2	0,301	1,475	1,983
3	0,301	2,363	2,184
4	0,317	1,511	2,18
5	0,292	0,992	1,918
6	0,304	1,752	2,211
7	0,294	1,061	1,917
8	0,306	1,143	1,923
9	0,301	1,755	2,193
10	0,293	1,082	1,931
Ø	0,2991	1,418	2,0331
(+,-)	0,00696	0,32498	0,10188

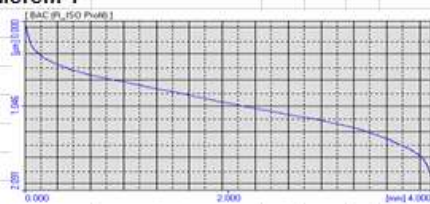
## Naměřené hodnoty - graf



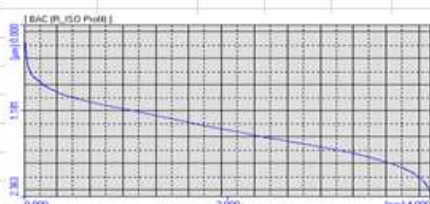


## Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

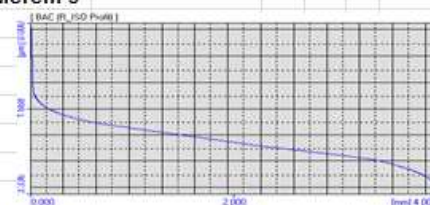
**Měření 1**



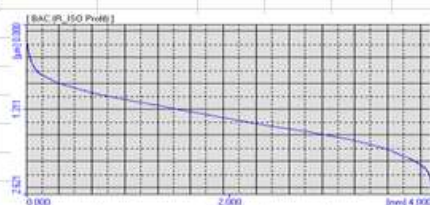
**Měření 2**



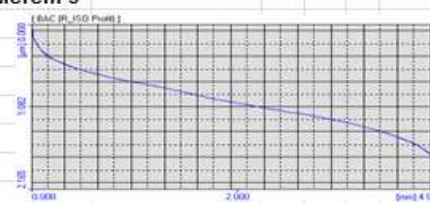
**Měření 3**



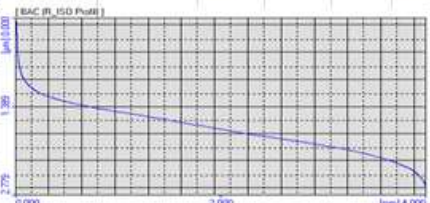
**Měření 4**



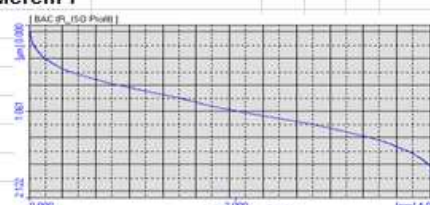
**Měření 5**



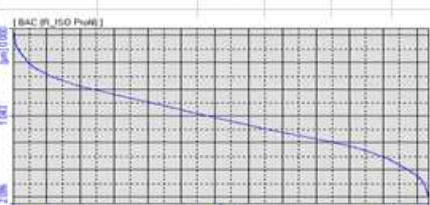
**Měření 6**



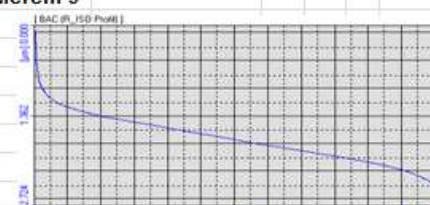
**Měření 7**



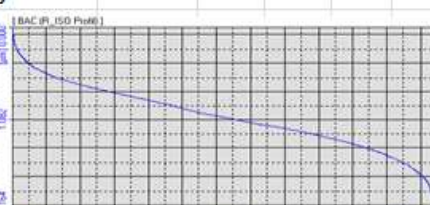
**Měření 8**



**Měření 9**



**Měření 10**



## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

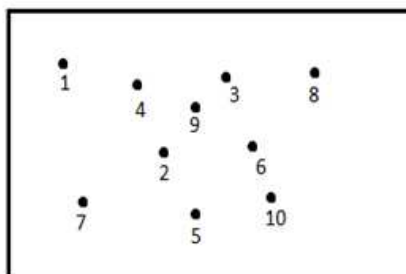
- procesní kapalina: **ESOK 1.1D**

datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)

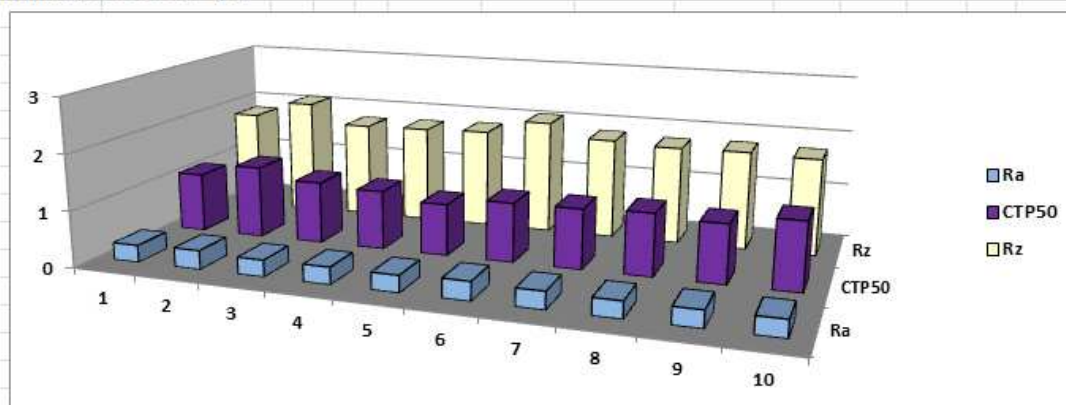
Měřená délka: 4,8 mm

Polotovar: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

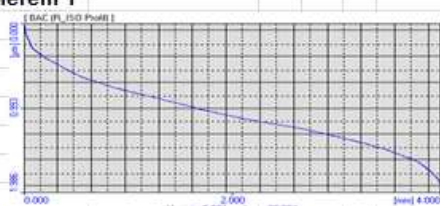
Procesní kapalina ESOK 1.1D			
Měření	Ra [μm]	CTP50	Rz [μm]
1	0,306	1,07575	1,822
2	0,337	1,309	2,125
3	0,298	1,1235	1,763
4	0,306	1,067	1,783
5	0,301	0,936	1,814
6	0,336	1,072	2,069
7	0,312	1,081	1,825
8	0,298	1,121	1,772
9	0,301	1,056	1,79
10	0,304	1,2203	1,756
Ø	0,3099	1,106	1,8519
(+,-)	0,01074	0,07354	0,09685

## Naměřené hodnoty - graf

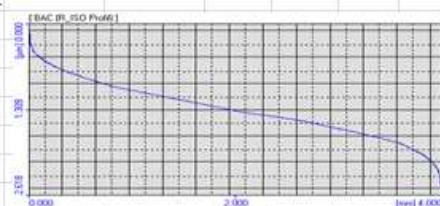


# Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

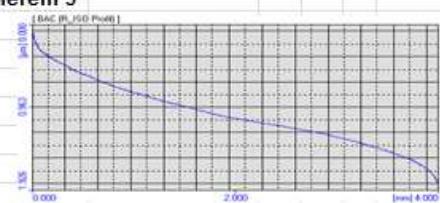
**Měření 1**



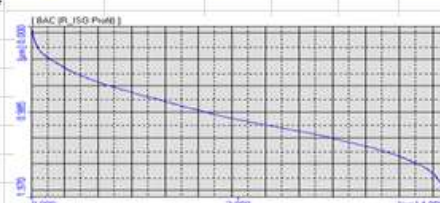
**Měření 2**



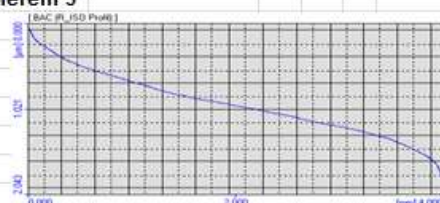
**Měření 3**



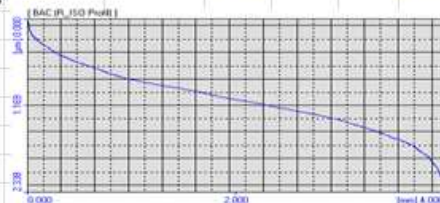
**Měření 4**



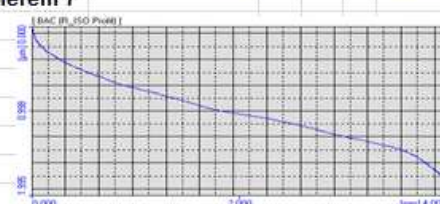
**Měření 5**



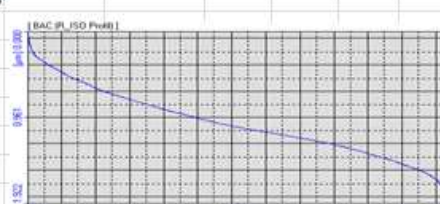
**Měření 6**



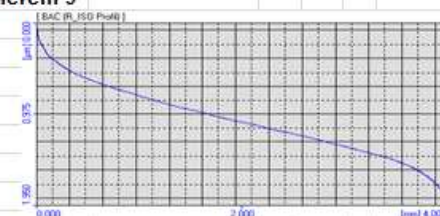
**Měření 7**



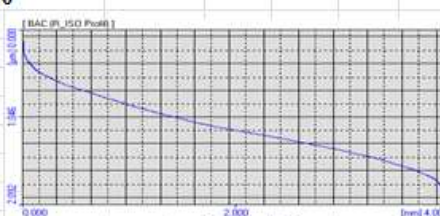
**Měření 8**



**Měření 9**



**Měření 10**





## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

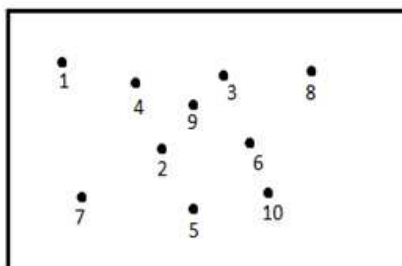
- procesní kapalina: **ESOK 1.0D**

datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)

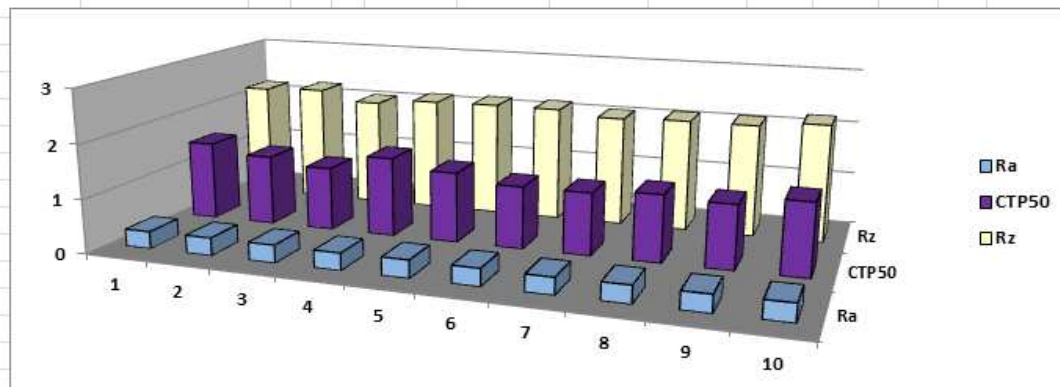
Měřená délka: 4,8 mm

Polotovár: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

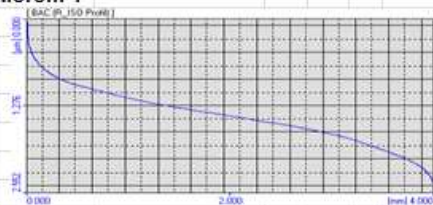
Procesní kapalina ESOK 1.0D			
Měření	Ra [μm]	CTP50	Rz [μm]
1	0,319	1,476	2,192
2	0,329	1,312	2,236
3	0,327	1,189	2,05
4	0,317	1,481	2,15
5	0,328	1,30975	2,166
6	0,321	1,1603	2,162
7	0,309	1,1603	2,064
8	0,322	1,241	2,102
9	0,32	1,183	2,104
10	0,328	1,34	2,203
Ø	0,322	1,285	2,1429
(+,-)	0,0046	0,08882	0,04488

## Naměřené hodnoty - graf

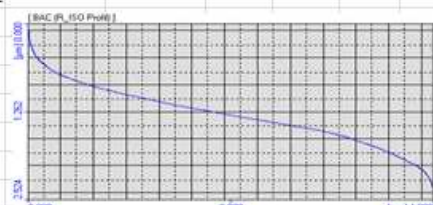


## Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

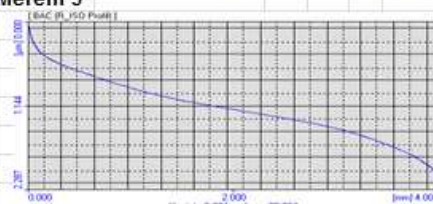
**Měření 1**



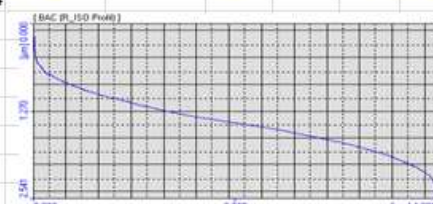
**Měření 2**



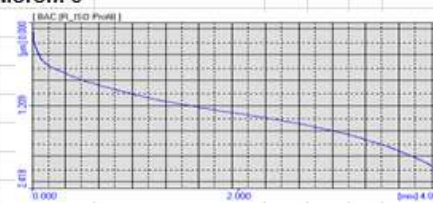
**Měření 3**



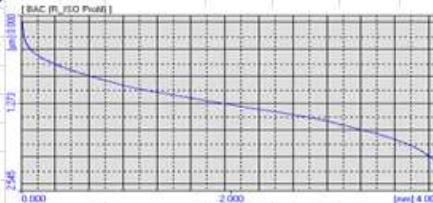
**Měření 4**



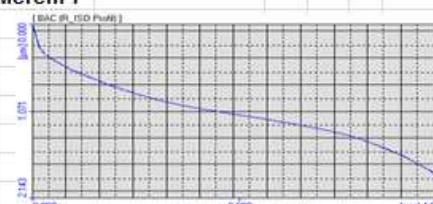
**Měření 5**



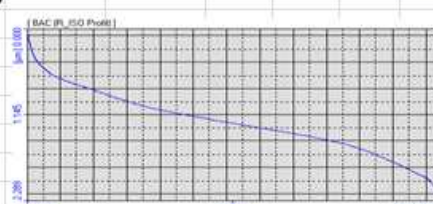
**Měření 6**



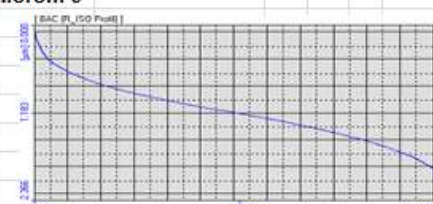
**Měření 7**



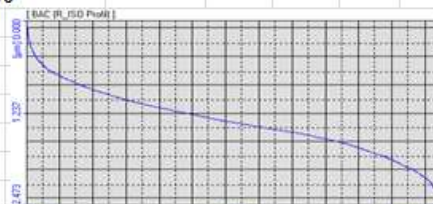
**Měření 8**



**Měření 9**



**Měření 10**





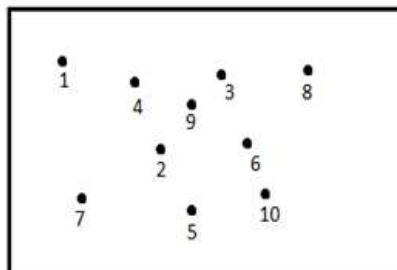
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

- procesní kapalina: **VODA**  
 - obráběný materiál: **ČSN 17351**

datum měření: 16.10.12  
 měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



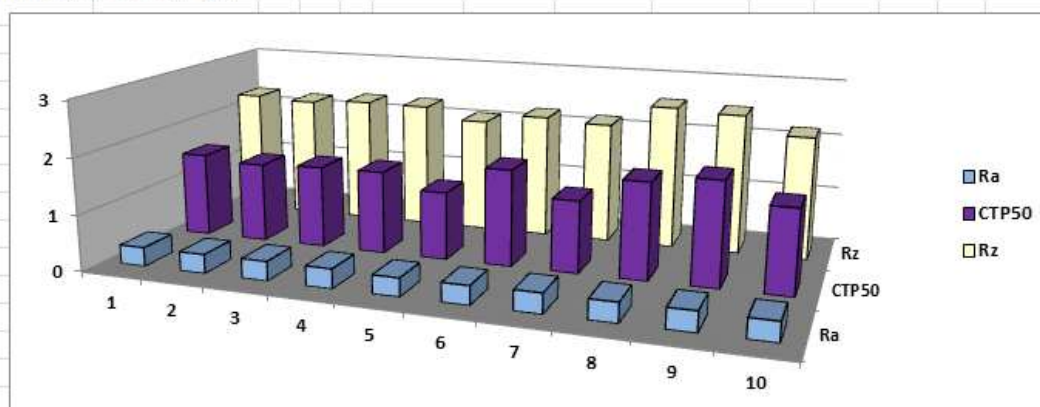
## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.  
 Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)  
 Měřená délka: 4,8 mm  
 Polotovar: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

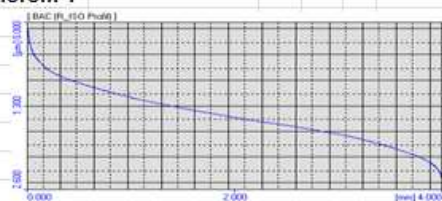
VODA			
Měření	Ra [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>	Rz [ $\mu$ m]
1	0,337	1,517	2,283
2	0,338	1,429	2,231
3	0,344	1,4735	2,298
4	0,346	1,485	2,287
5	0,325	1,216	2,077
6	0,333	1,722	2,237
7	0,352	1,286	2,178
8	0,345	1,716	2,571
9	0,353	1,847	2,512
10	0,34	1,496	2,201
$\bar{\phantom{x}}$	0,3413	1,519	2,2875
(+,-)	0,00628	0,14376	0,10949

## Naměřené hodnoty - graf

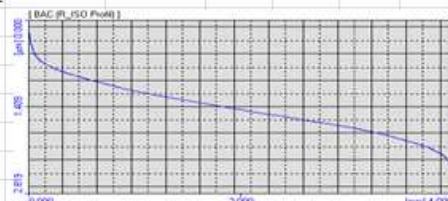


# Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

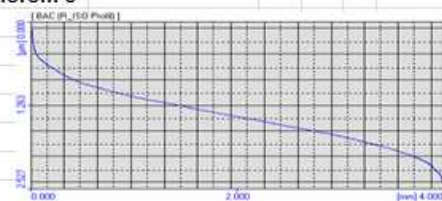
Měření 1



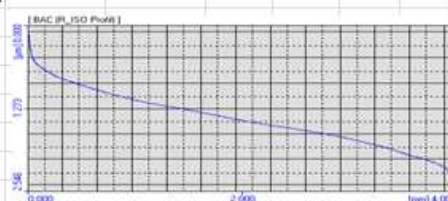
Měření 2



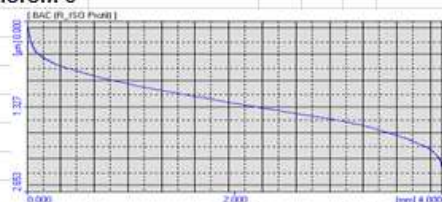
Měření 3



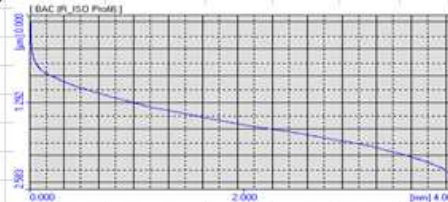
Měření 4



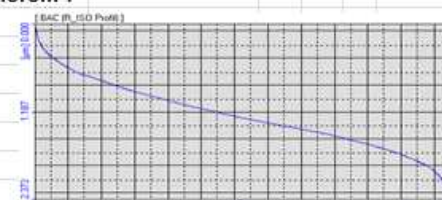
Měření 5



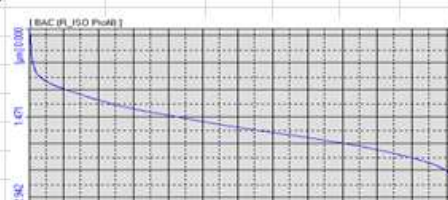
Měření 6



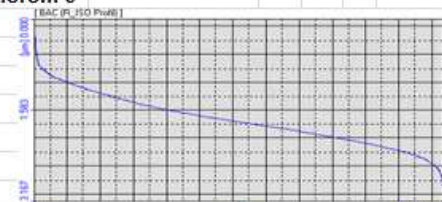
Měření 7



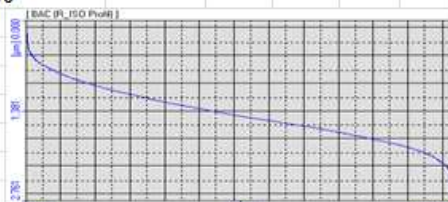
Měření 8



Měření 9



Měření 10



## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

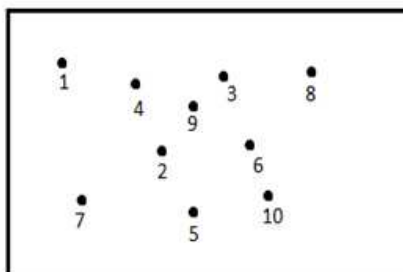
- procesní kapalina: -----

datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: ČSN 17351

měření provedl: Schindelarz

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)

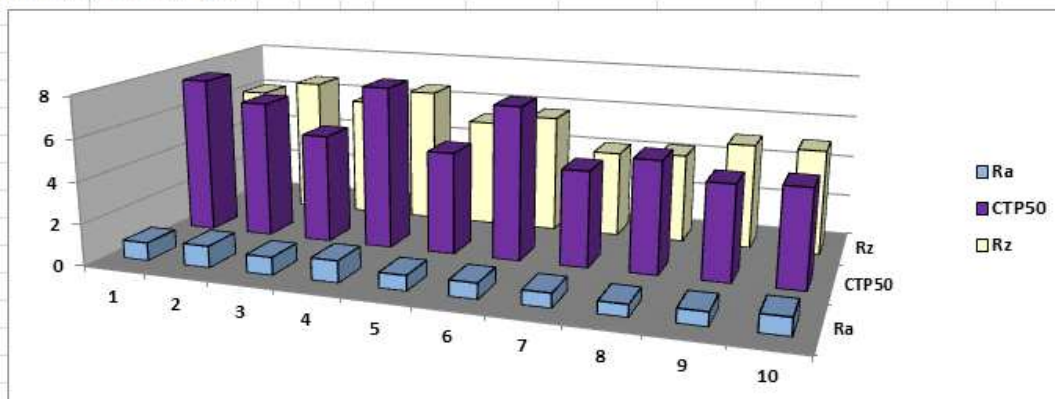
Měřená délka: 4,8 mm

Polotovár: 20 x 25 x 10 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

SUCHO			
Měření	Ra [ $\mu$ m]	CTP50	Rz [ $\mu$ m]
1	0,862	7,588	6,034
2	1,033	6,639	6,691
3	0,847	5,242	5,9
4	1,035	7,805	6,606
5	0,717	4,911	5,251
6	0,742	7,335	5,714
7	0,673	4,582	4,158
8	0,568	5,334	4,299
9	0,648	4,5465	5,052
10	0,821	4,668	5,023
$\emptyset$	0,7946	5,865	5,4728
(+,-)	0,11445	0,97485	0,64048

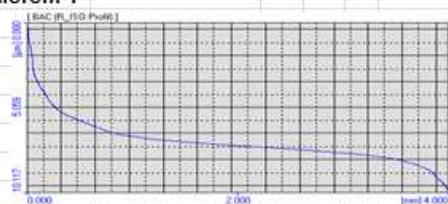
## Naměřené hodnoty - graf



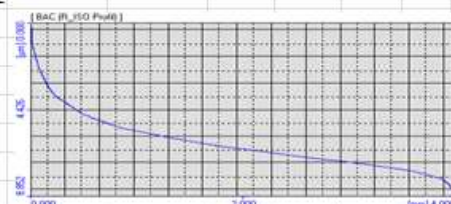


# Vzorová křivka materiálového podílu v jednotlivých místech měření

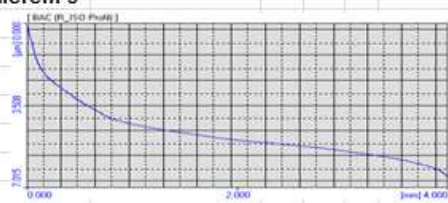
Měření 1



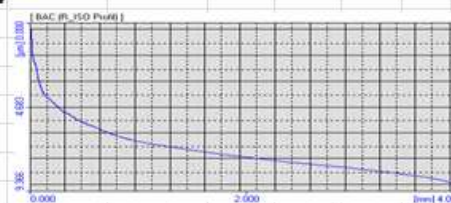
Měření 2



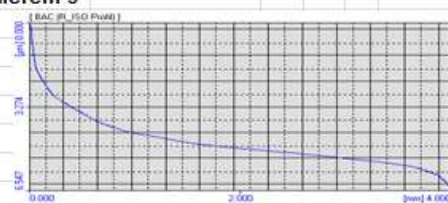
Měření 3



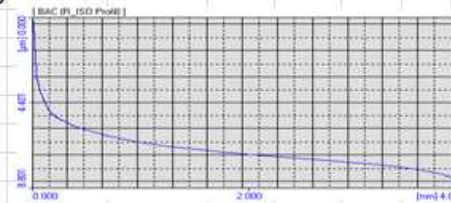
Měření 4



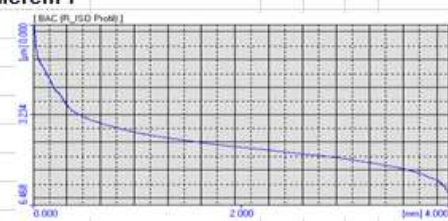
Měření 5



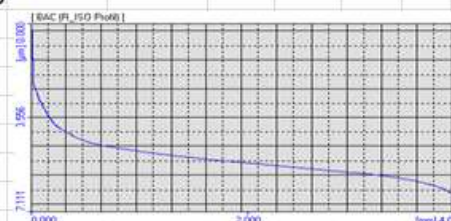
Měření 6



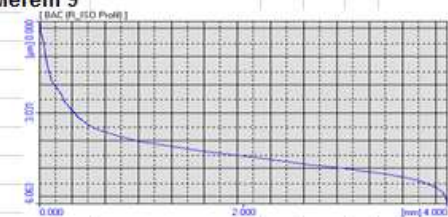
Měření 7



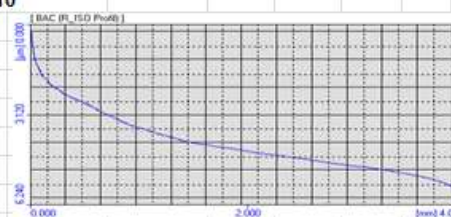
Měření 8



Měření 9



Měření 10



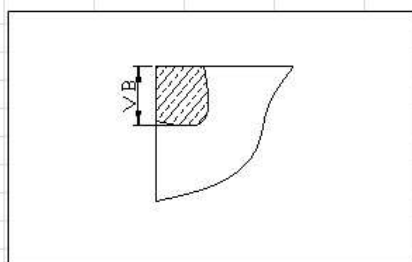
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>VODA</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

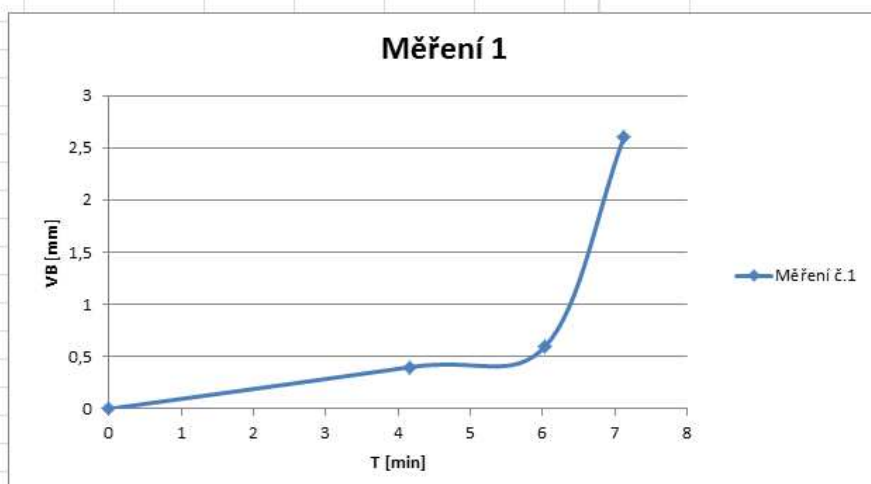
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
100	4,17	0,4
145	6,04	0,6
171	7,125	2,6

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 6,1 min.

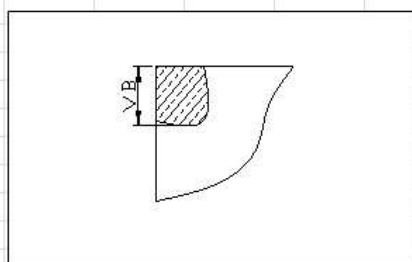
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>VODA</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

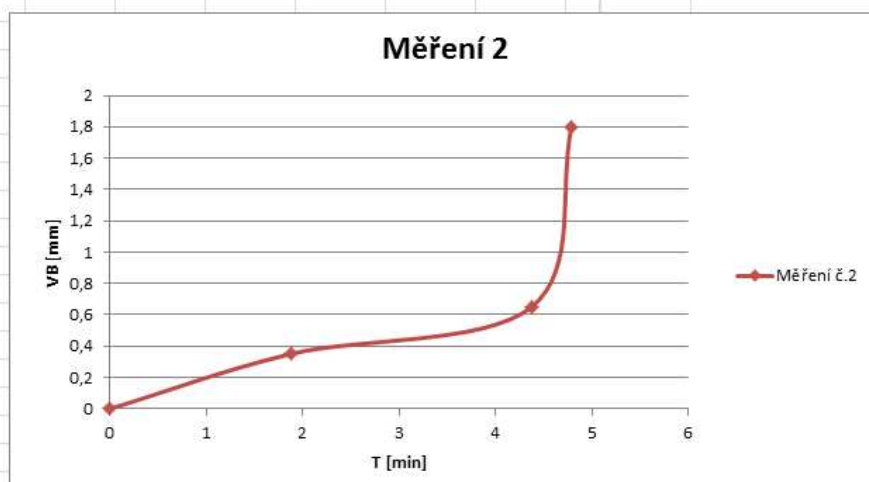
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
45	1,875	0,35
105	4,375	0,65
115	4,79	1,8

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 4,4 min.

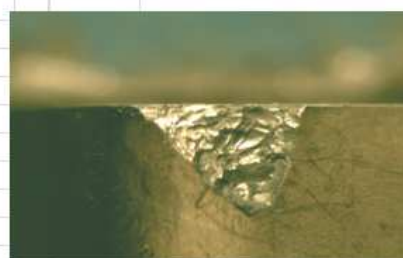
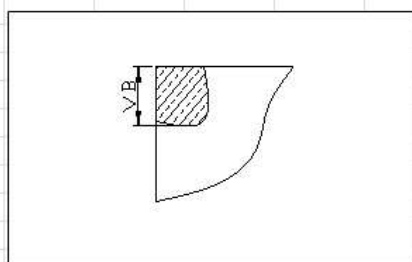
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>VODA</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

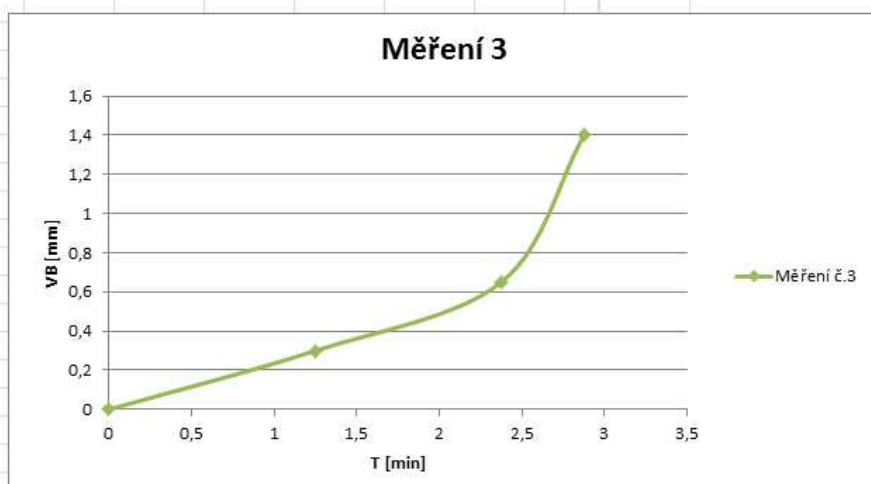
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
30	1,25	0,3
57	2,375	0,65
69	2,875	1,4

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 2,48 min.

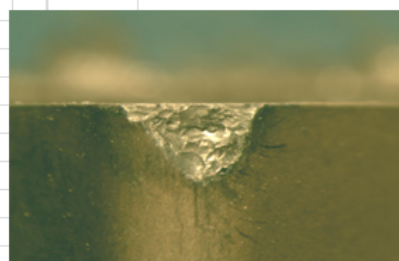
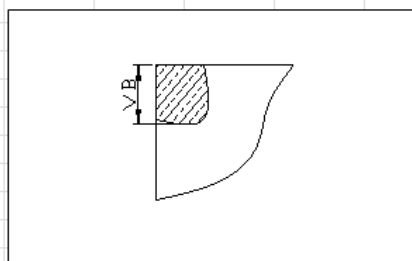
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>VODA</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

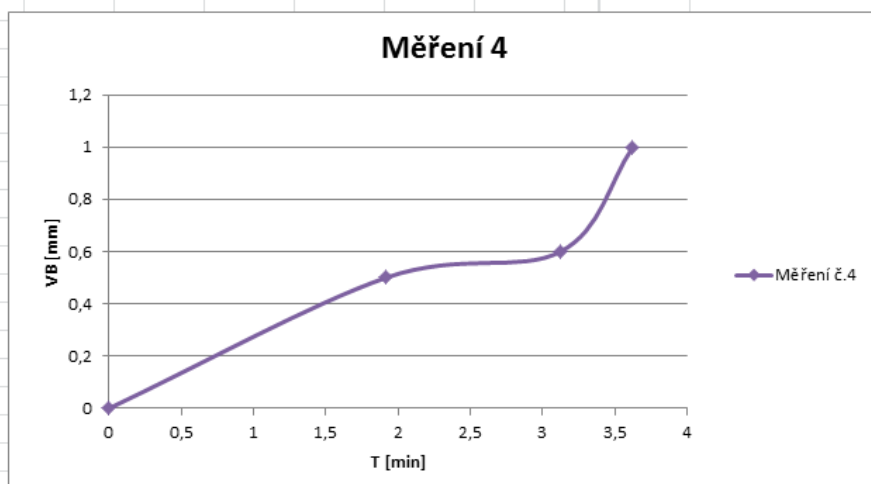
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
46	1,917	0,5
75	3,125	0,6
87	3,625	1

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 3,3 min.



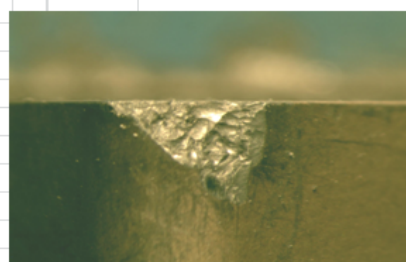
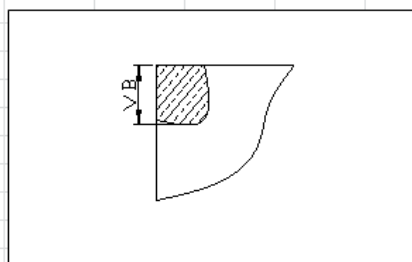
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>VODA</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

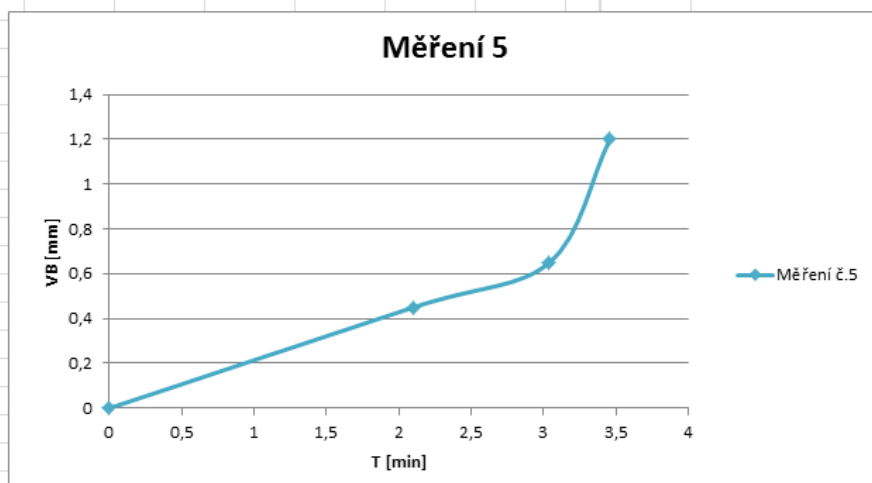
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
50	2,1	0,45
73	3,04	0,65
83	3,458	1,2

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 3,14 min.

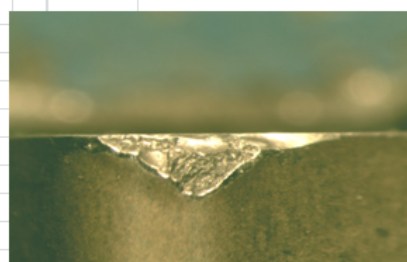
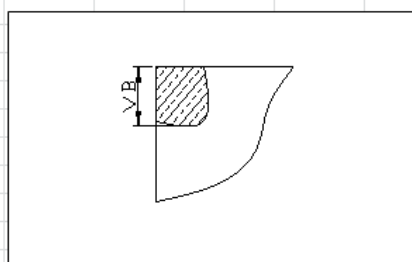
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	-----	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

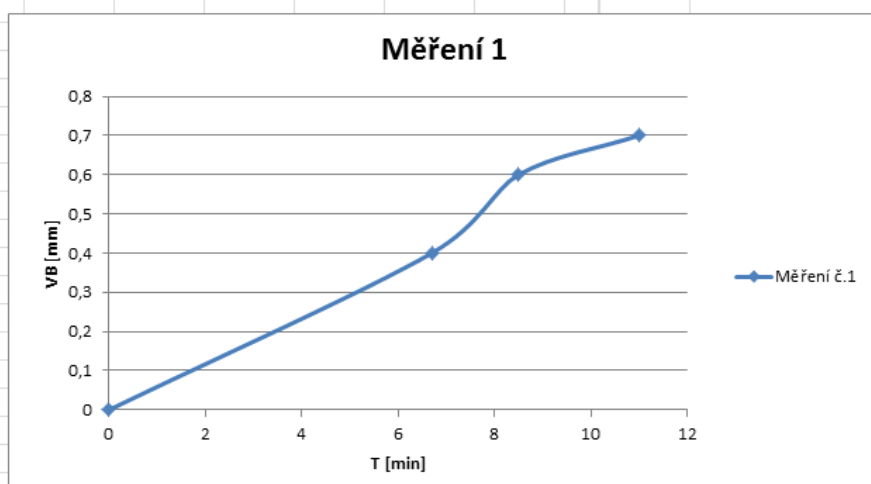
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebené VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
160	6,7	0,4
203	8,5	0,6
264	11	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 11 min.

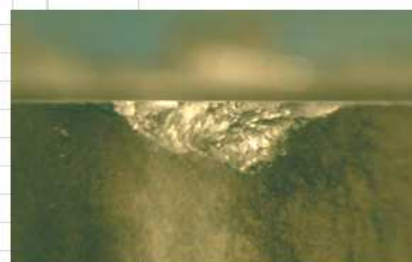
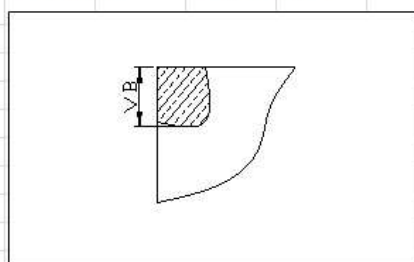
## Ekologické obrábění kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	-----	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

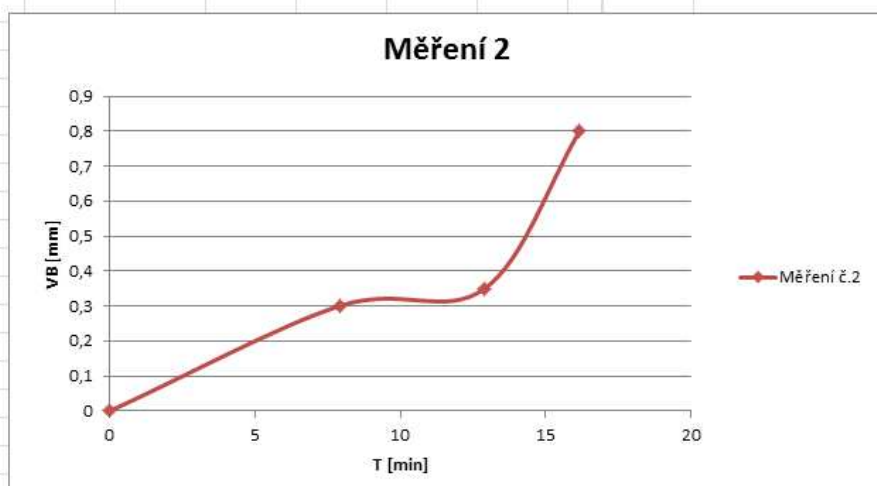
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 823C
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	-
koeficient refrakce	-
velkost na refraktometru	-
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VE

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
190	7,9	0,3
310	12,9	0,35
388	16,17	0,8

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 15,96 min.

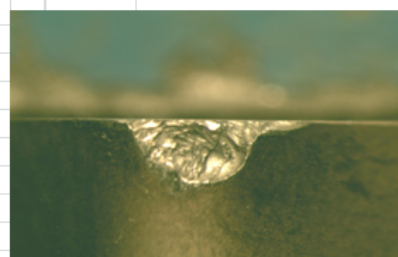
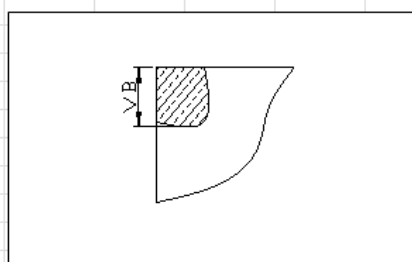
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	-----	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

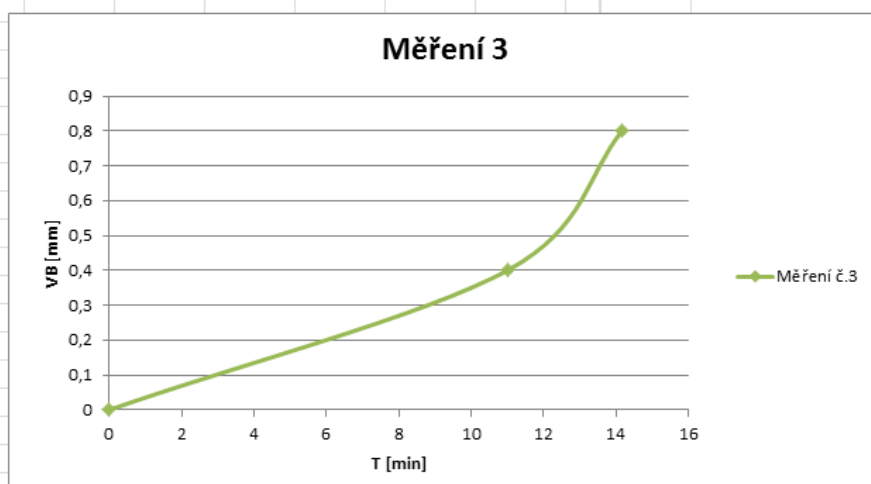
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
265	11	0,4
340	14,17	0,8

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 13,9 min.

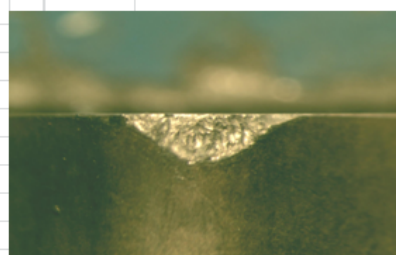
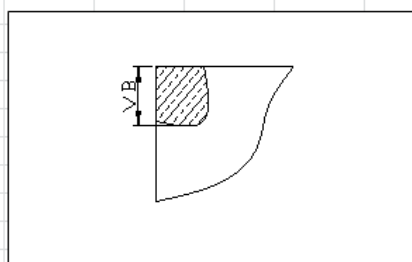
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	-----	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

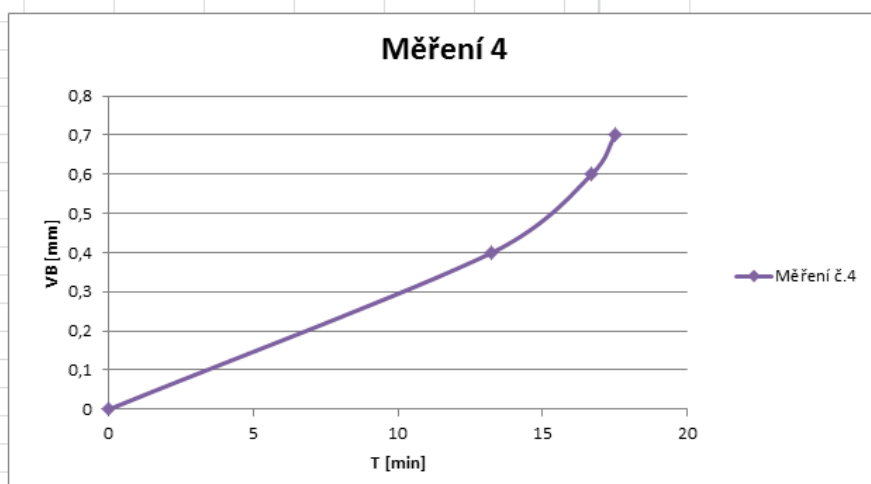
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
318	13,25	0,4
401	16,7	0,6
421	17,5	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 17,5 min.

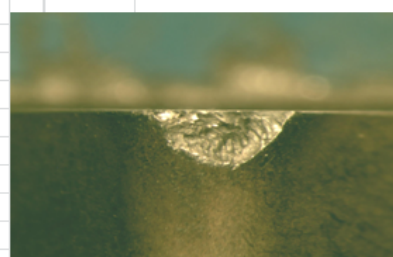
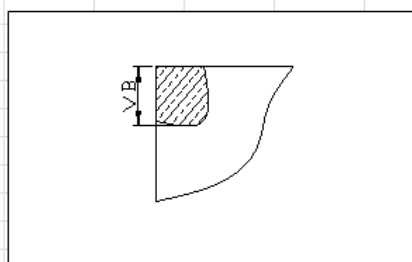
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	-----	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

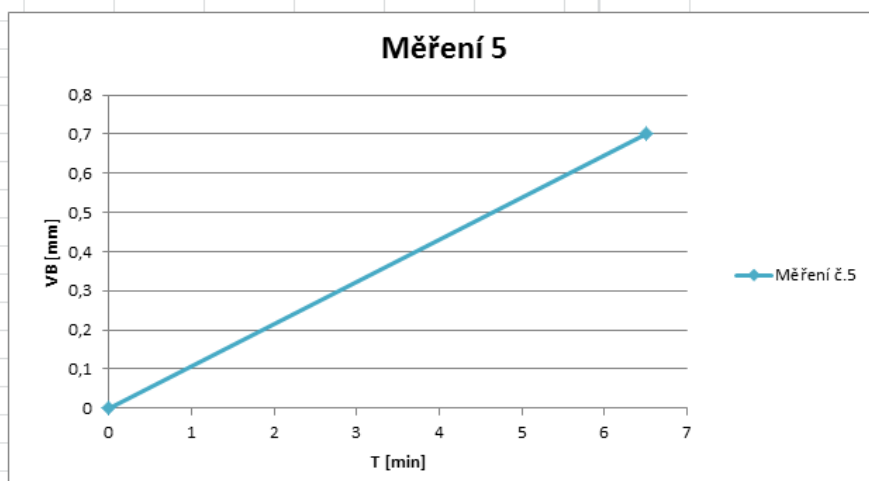
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	--
koeficient refrakce	--
velkost na refraktometru	--
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
157	6,5	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 6,5 min.

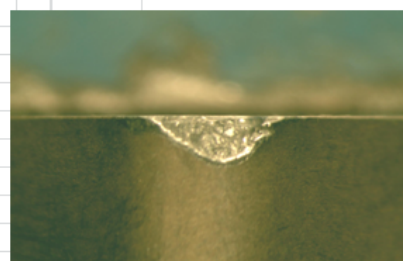
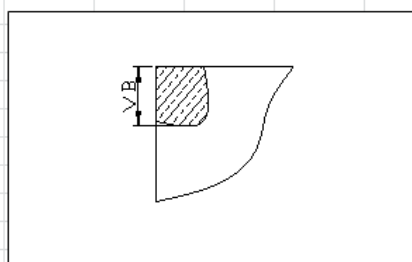
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0E</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

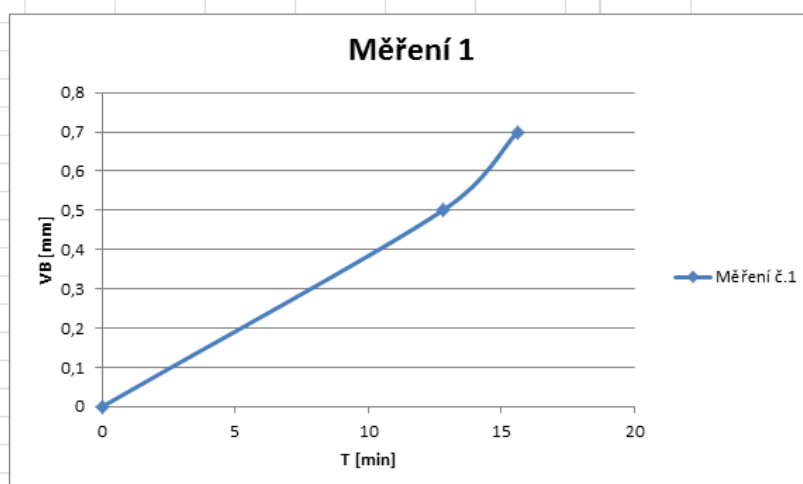
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
308	12,8	0,5
375	15,6	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 15,6 min.

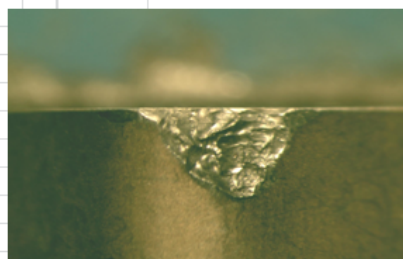
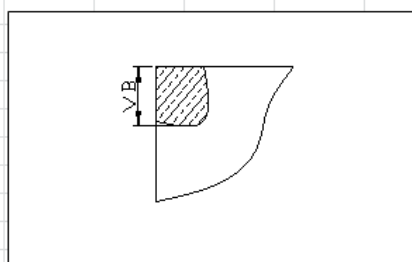
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0E</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

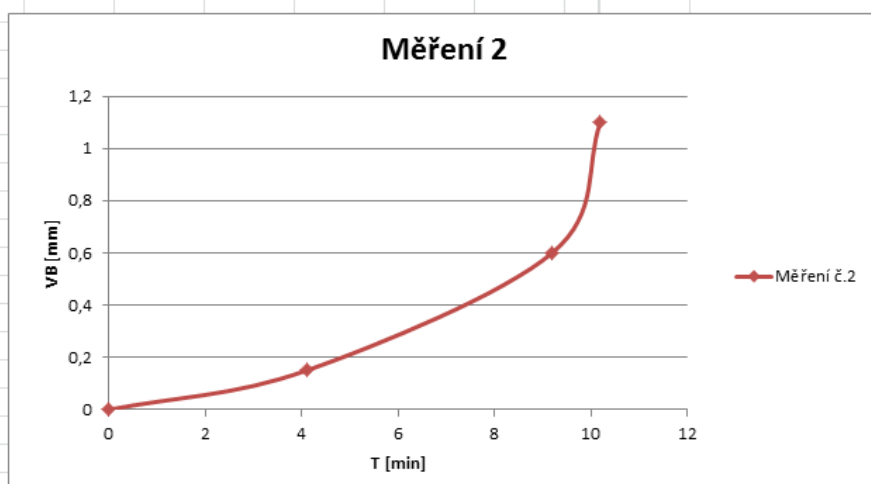
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
100	4,1	0,15
220	9,2	0,6
245	10,2	1,1

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 9,6 min.



## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování- procesní kapalina: **ESOK 1.0E**

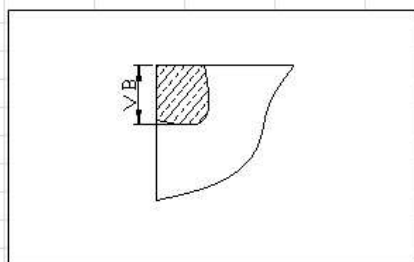
datum měření: 26.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: prof. Popov, Schindelarz

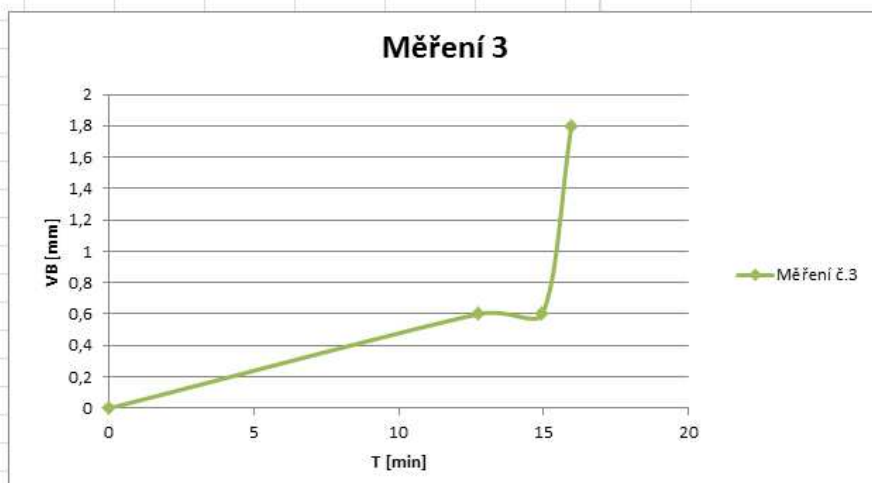
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
306	12,75	0,6
359	14,95	0,6
383	15,96	1,8

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 15,6 min.

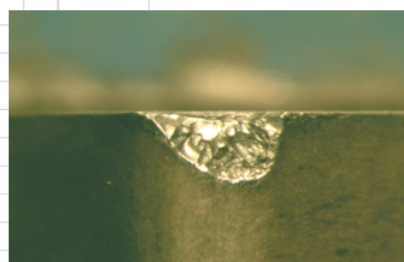
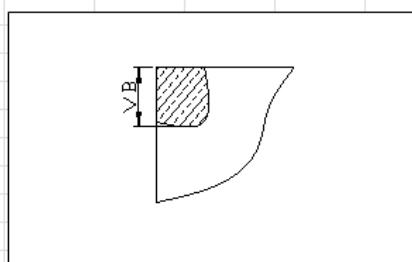
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0E</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

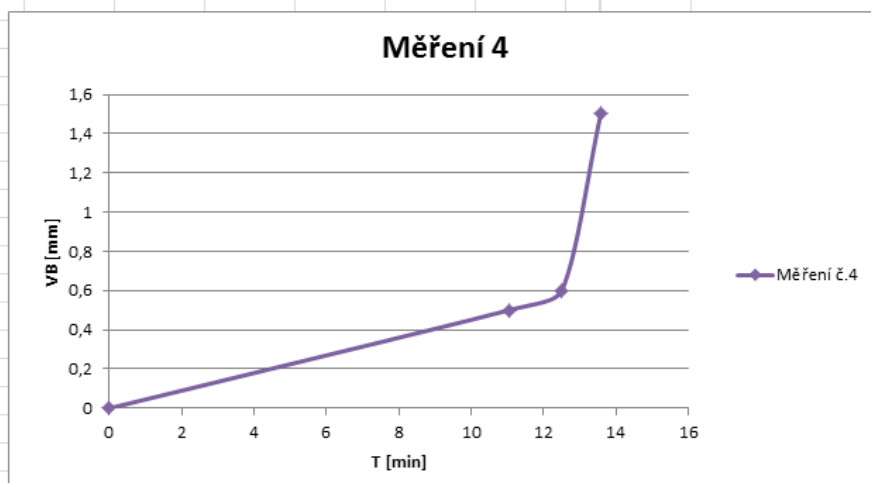
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
265	11,04	0,5
300	12,5	0,6
326	13,58	1,5

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 12,9 min.

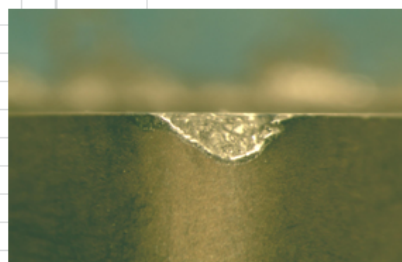
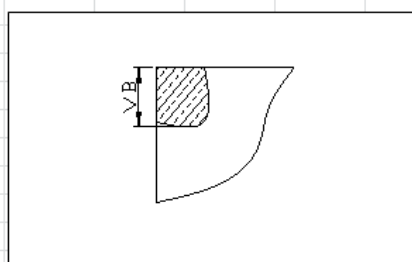
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0E</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

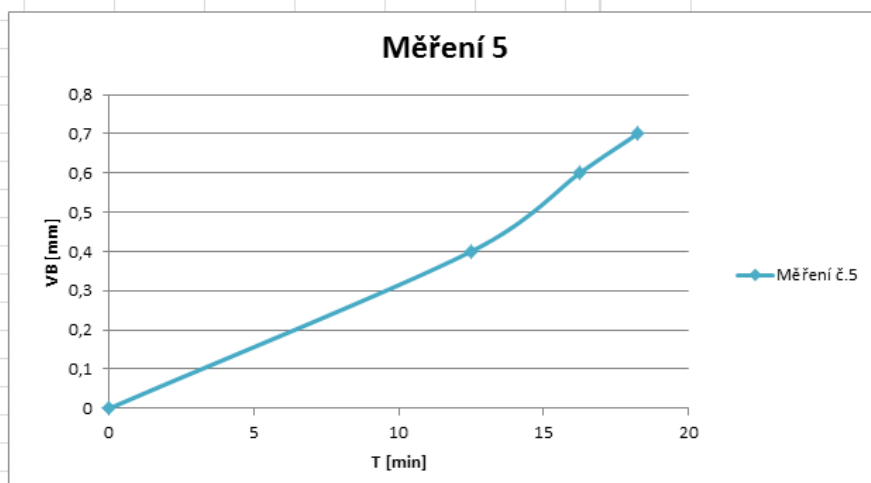
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
300	12,5	0,4
390	16,25	0,6
438	18,25	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 18,25 min.

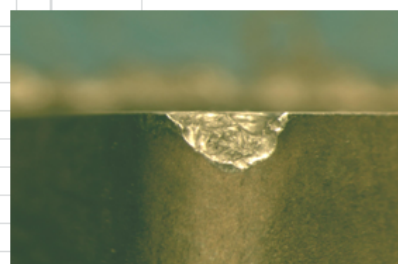
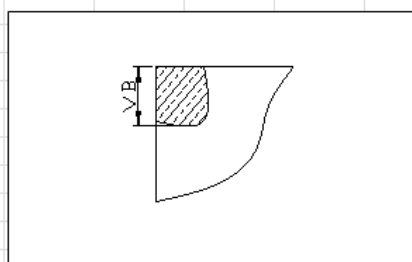
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0F</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

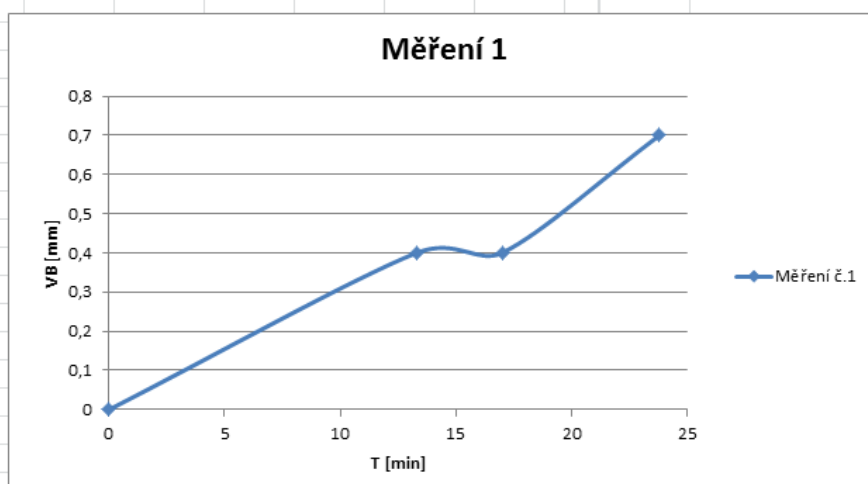
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
320	13,3	0,4
410	17	0,4
572	23,8	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 23,8 min.

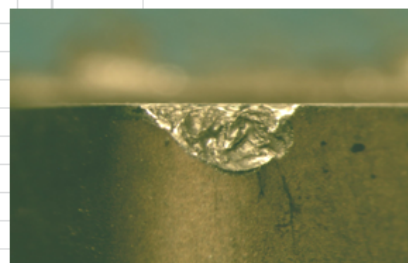
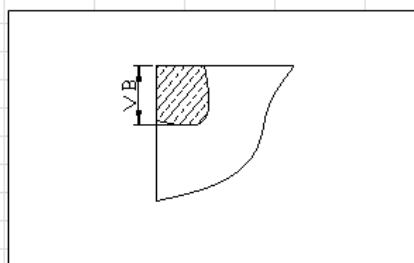
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0F</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

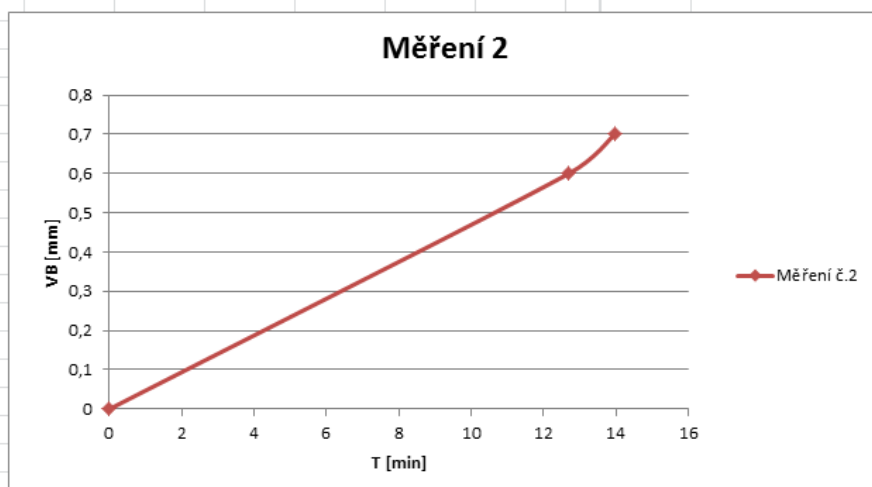
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
305	12,7	0,6
335	13,96	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 13,96 min.

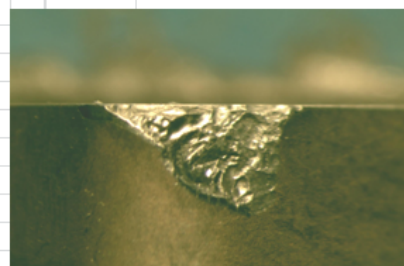
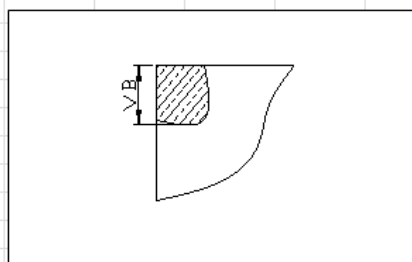
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0F</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

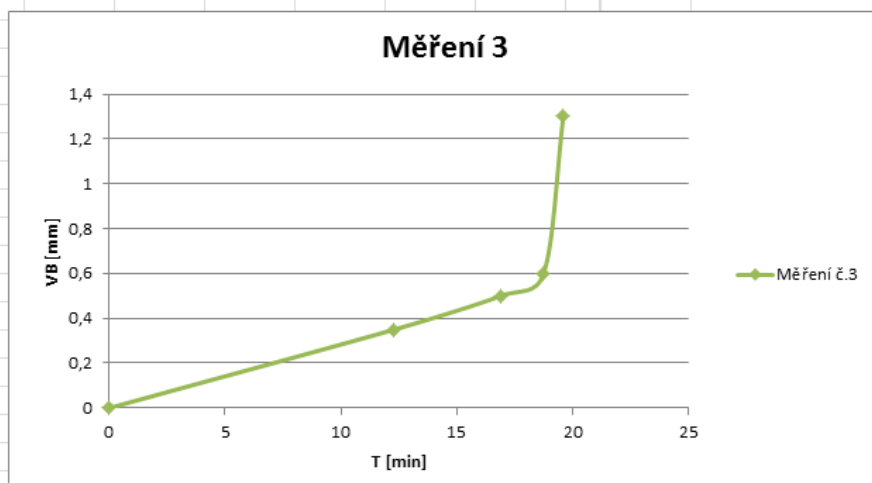
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
295	12,3	0,35
407	16,9	0,5
450	18,75	0,6
472	19,6	1,3

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 19 min.

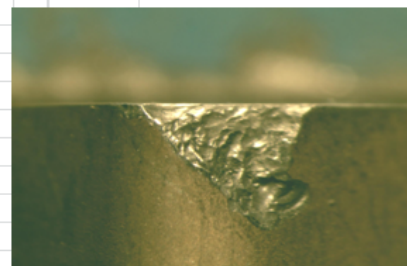
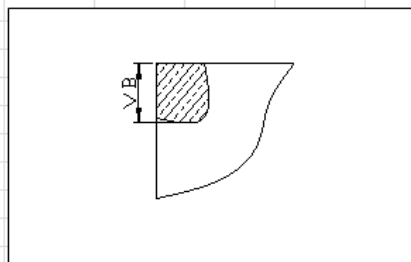
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0F</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

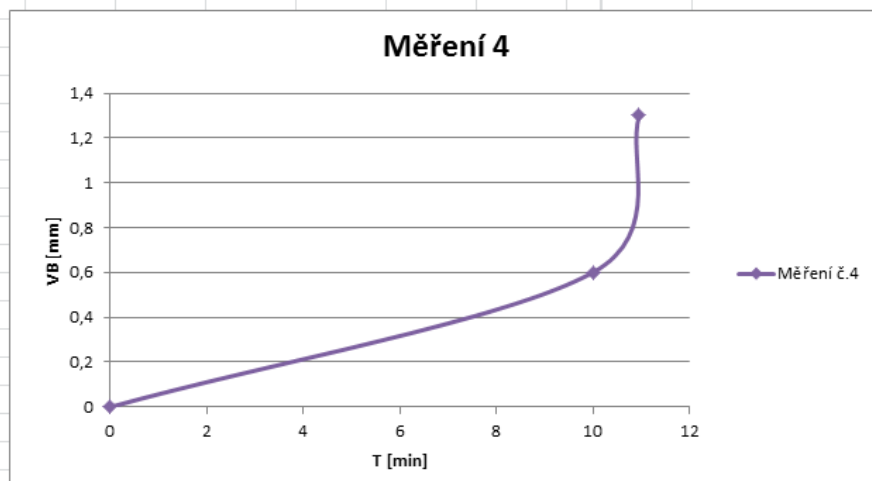
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
240	10	0,6
263	10,96	1,3

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 10,5 min.

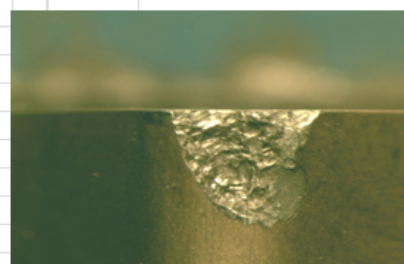
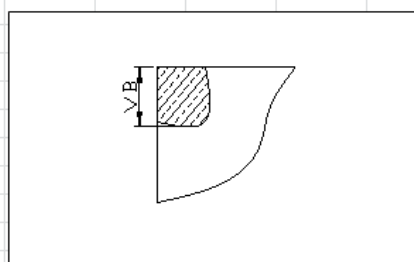
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0F</b>	datum měření:	30.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

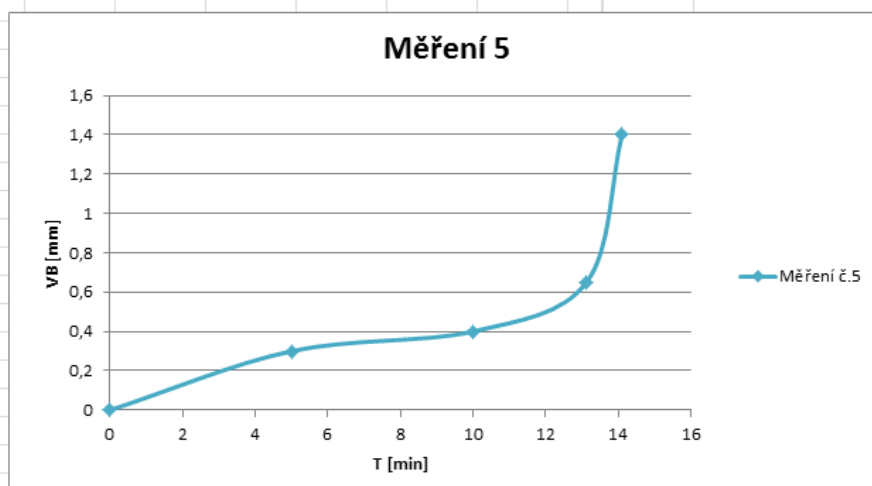
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 823C
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3,1
velkost na refraktometru	1,61
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VE

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
120	5	0,3
240	10	0,4
315	13,125	0,65
338	14,1	1,4

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 13,6 min.



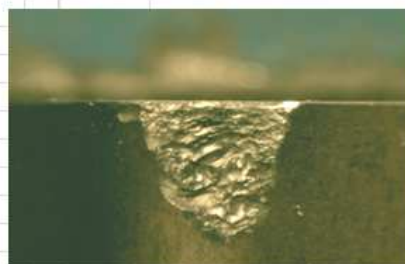
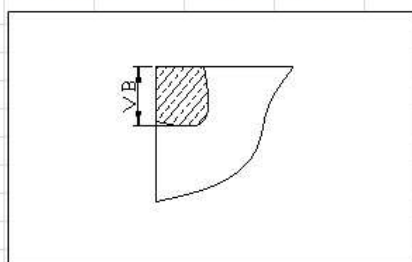
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1D</b>	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

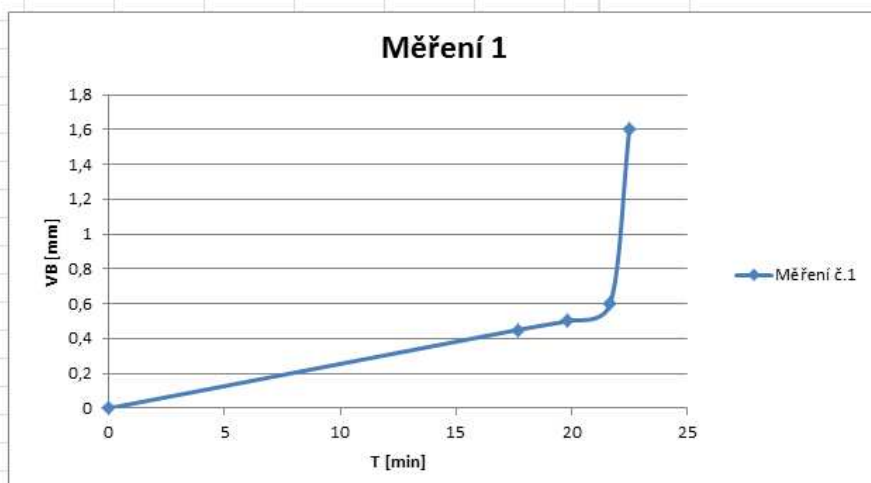
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,85
velkost na refraktometru	2,7
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
425	17,7	0,45
475	19,8	0,5
520	21,67	0,6
540	22,5	1,6

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 21,9 min.

## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování- procesní kapalina: **ESOK 1.1D**

datum měření:

16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl:

prof. Popov, Schindelarz

**Podmínky měření**

stroj

FNG 32

druh frezy

čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm

druh a materiál VBD

VBD PRAMET SNUN 120412; 8230

řezné podmínky

vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm

šířka frézování

25 mm

požadovaná koncentrace procesní kapaliny

5%

koeficient refrakce

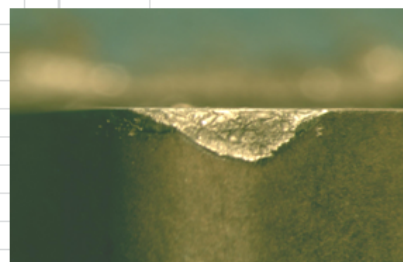
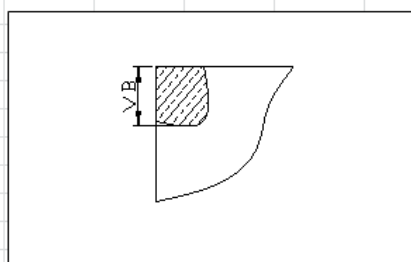
1,85

velkost na refraktometru

2,7

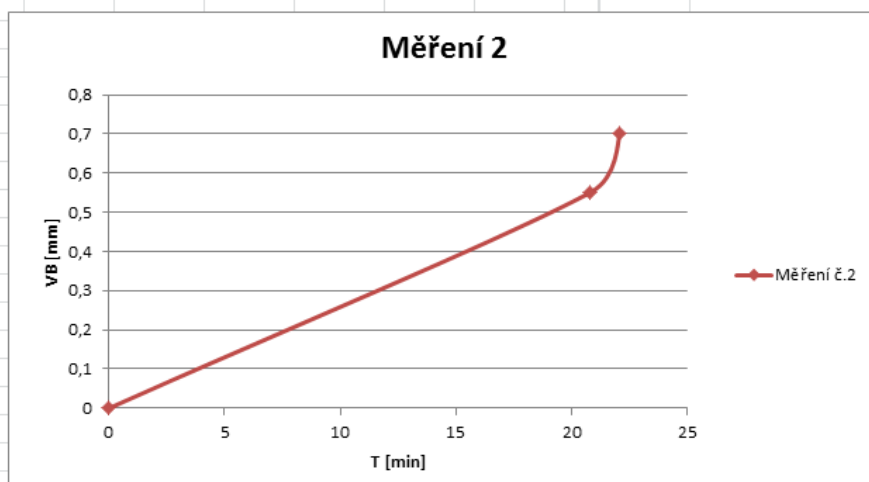
kritérium opotřebení VBD

0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
500	20,8	0,55
530	22,1	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 22,1 min.

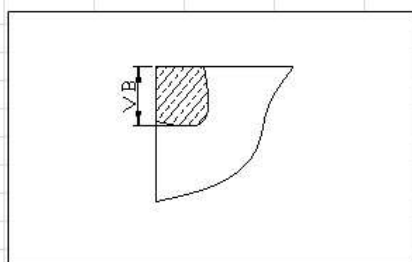
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1D</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

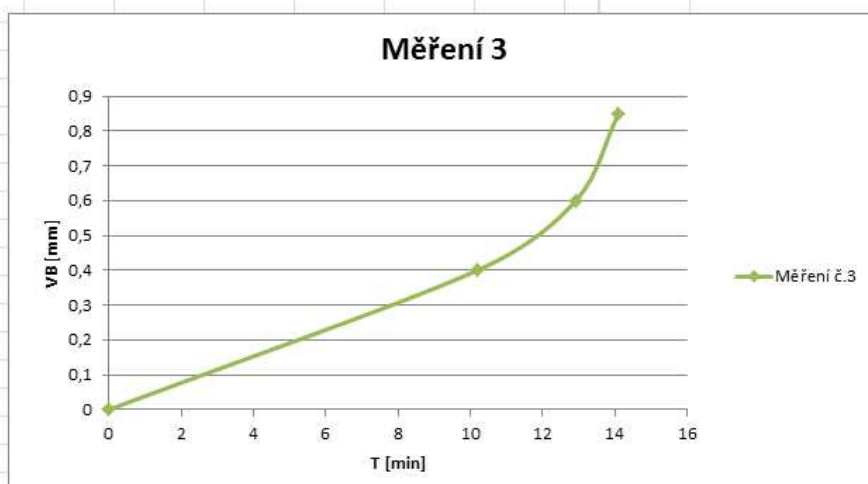
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,85
velkost na refraktometru	2,7
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
244	10,2	0,4
310	12,92	0,6
338	14,1	0,85

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 13,6 min.

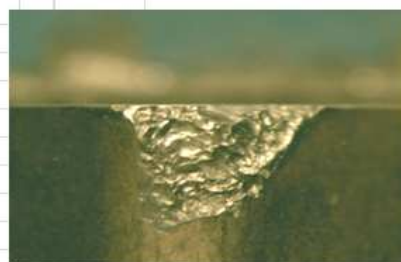
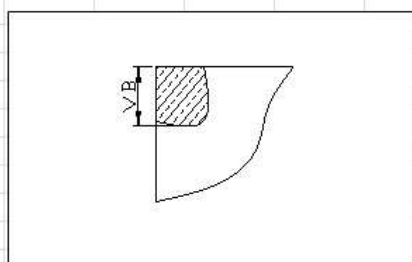
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1D</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

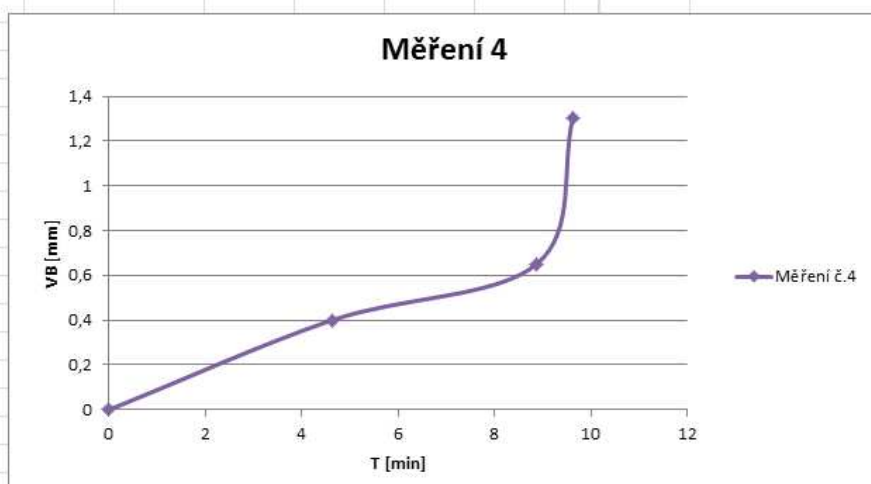
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,85
velkost na refraktometru	2,7
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
111	4,625	0,4
213	8,875	0,65
231	9,625	1,3

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 9,3 min.

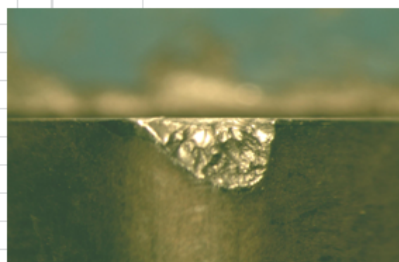
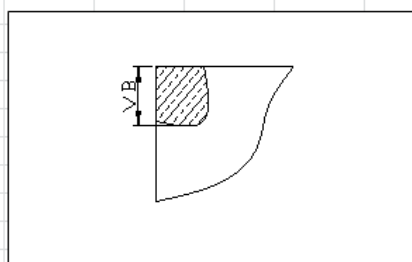
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1D</b>	datum měření:	26.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

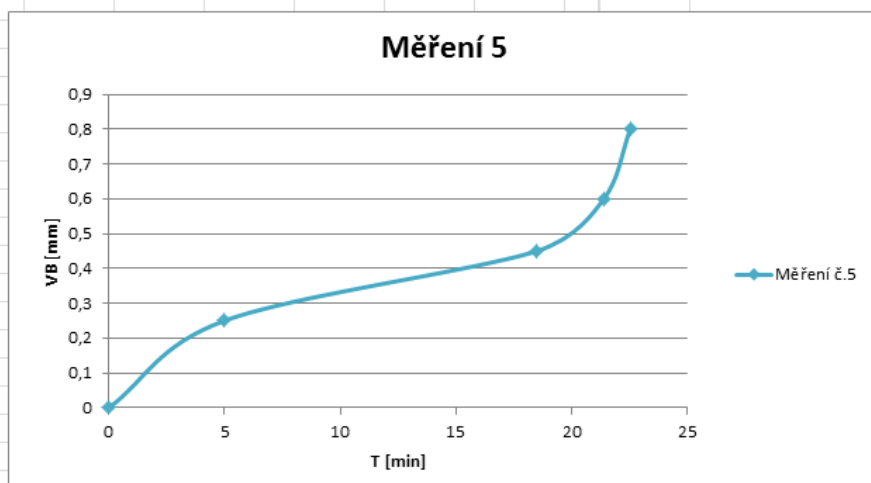
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,85
velkost na refraktometru	2,7
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebované VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
120	5	0,25
445	18,5	0,45
515	21,4	0,6
541	22,54	0,8

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 22,375 min.

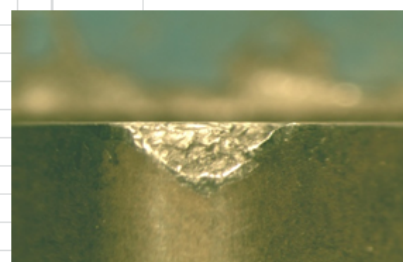
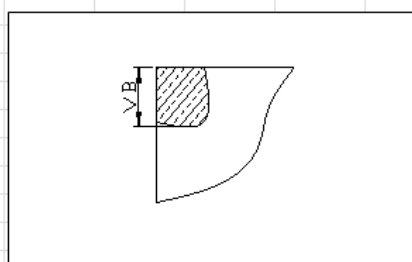
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1B</b>	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

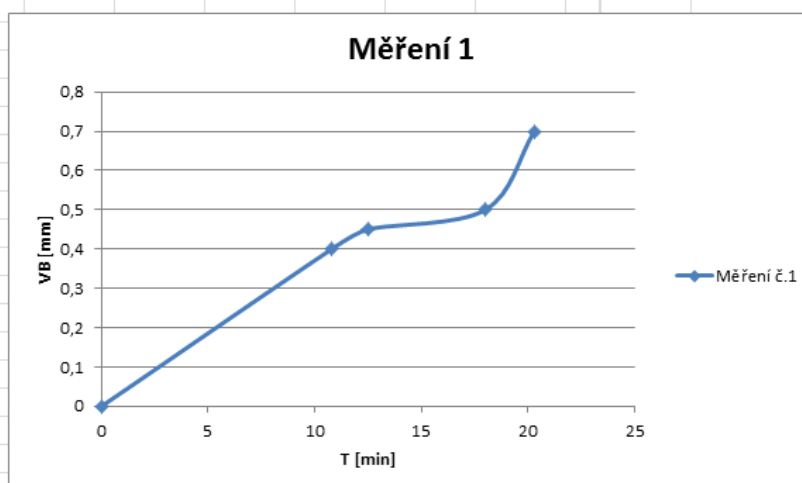
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	2,1
velkost na refraktometru	2,38
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
260	10,8	0,4
300	12,5	0,45
433	18	0,5
488	20,3	0,7

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 20,3 min.

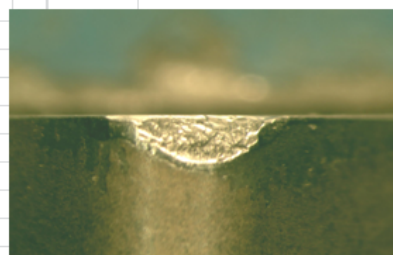
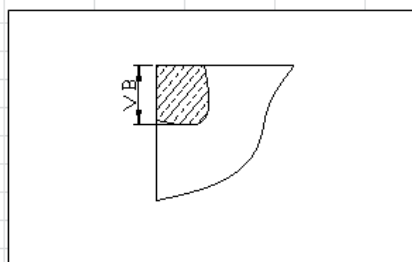
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1B</b>	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

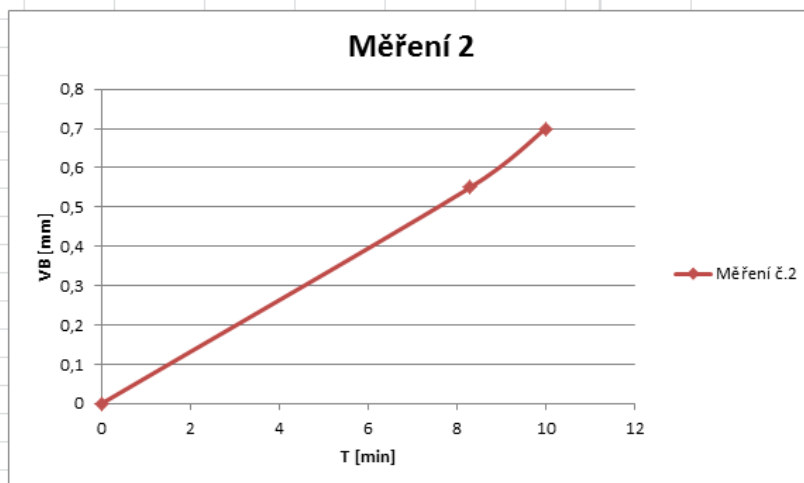
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	2,1
velkost na refraktometru	2,38
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
260	8,3	0,55
240	10	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 10 min.



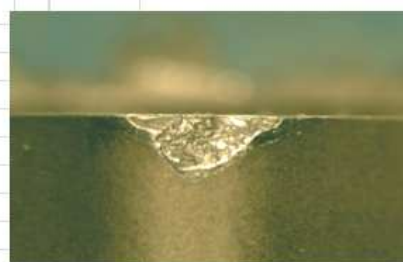
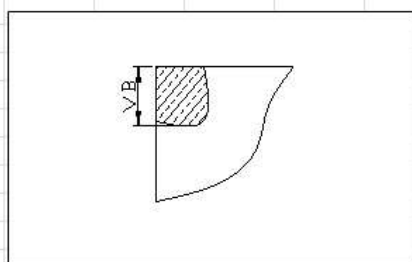
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1B</b>	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

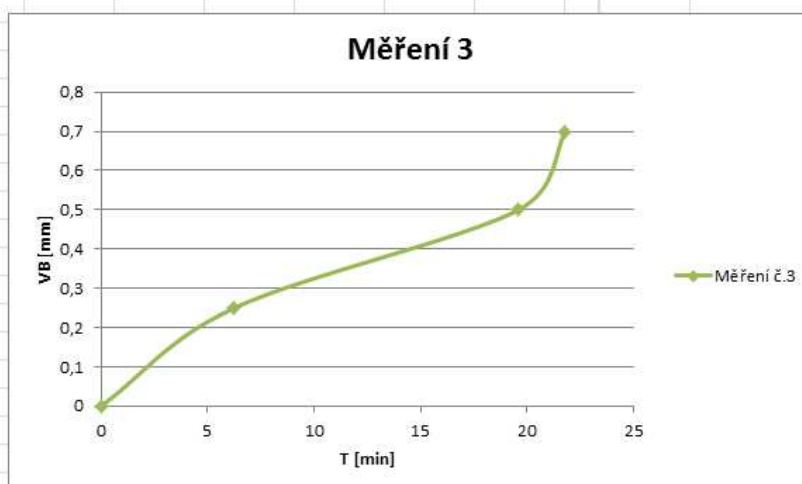
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	2,1
velkost na refraktometru	2,38
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
150	6,25	0,25
470	19,6	0,5
524	21,8	0,7

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 21,8 min.



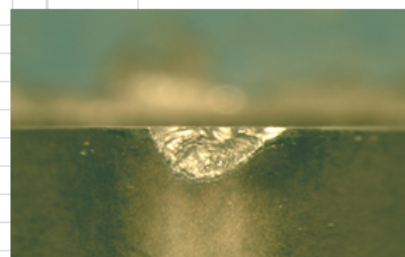
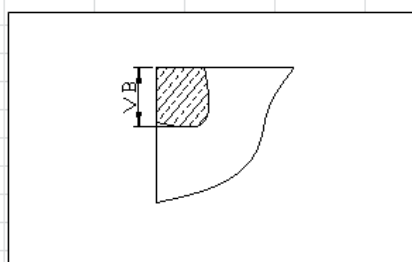
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1B</b>	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

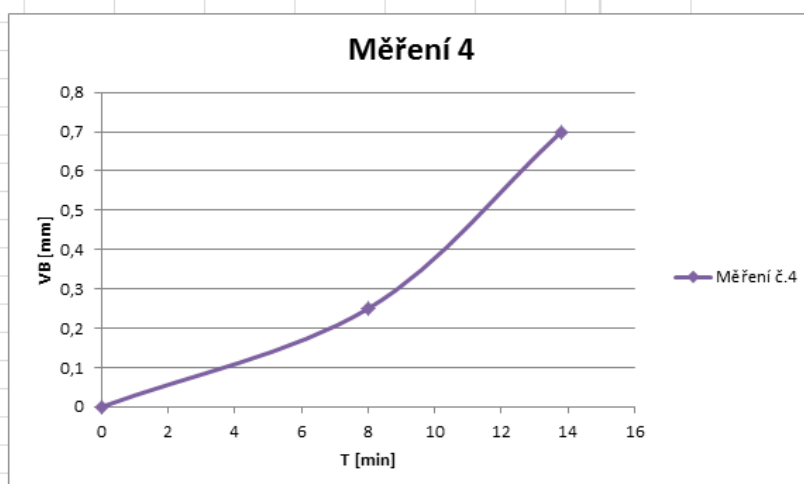
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	2,1
velkost na refraktometru	2,38
kritérium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
192	8	0,25
332	13,8	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 13,8 min.

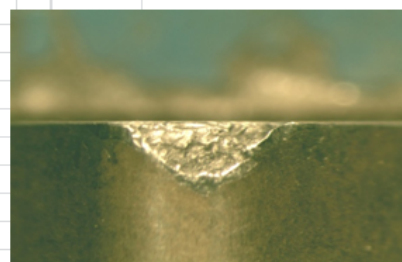
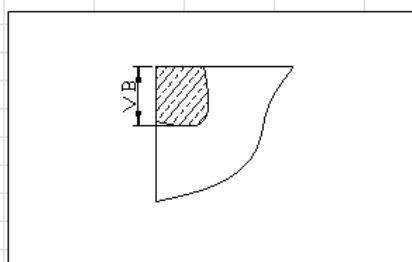
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.1B</b>	datum měření:	10.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

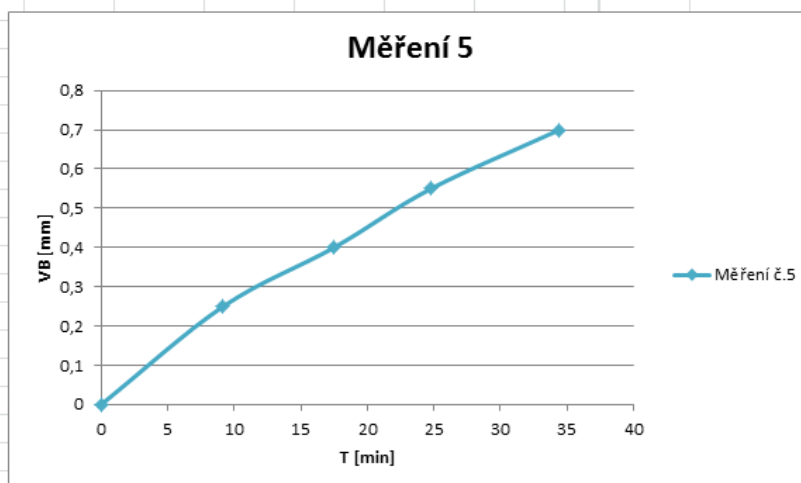
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	2,1
velkost na refraktometru	2,38
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
220	9,17	0,25
420	17,5	0,4
596	24,8	0,55
827	34,45	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 34,45 min.

## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 1** trvanlivost nástroje při frézování- procesní kapalina: **ESOK 1.0D**

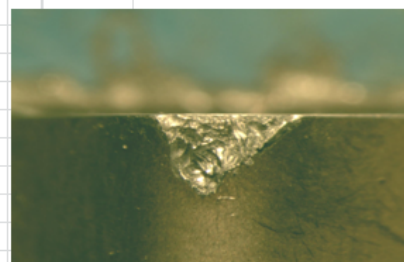
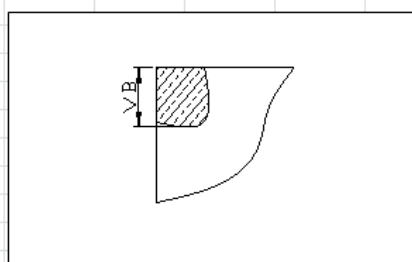
datum měření: 15.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: prof. Popov, Schindelarz

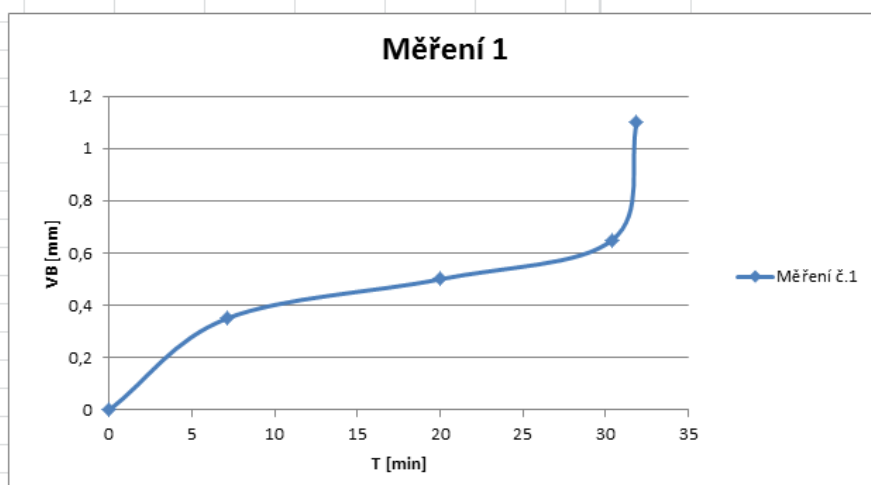
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3
velkost na refraktometru	1,67
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
170	7,1	0,35
480	20	0,5
730	30,4	0,65
765	31,875	1,1

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 31 min.

## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 2** trvanlivost nástroje při frézování- procesní kapalina: **ESOK 1.0D**

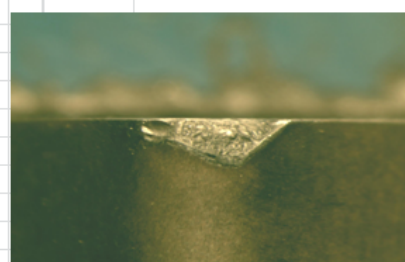
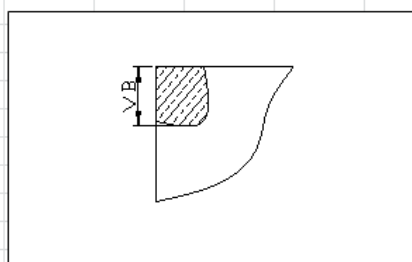
datum měření: 15.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: prof. Popov, Schindelarz

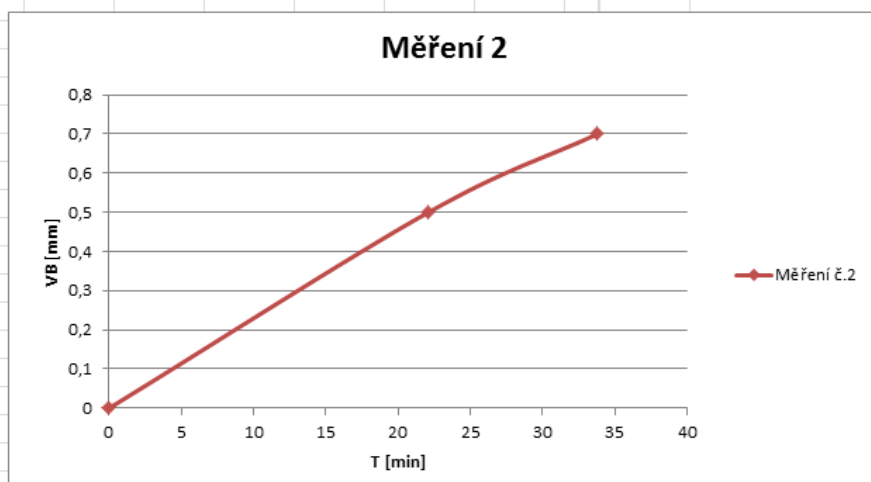
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	$vc=47,5$ m/min; $fz=0,1$ mm/zub; $ap=1$ mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3
velkost na refraktometru	1,67
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
530	22,1	0,5
812	33,8	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 33,8 min.

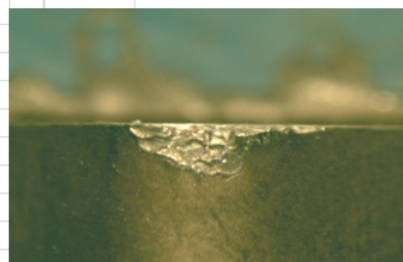
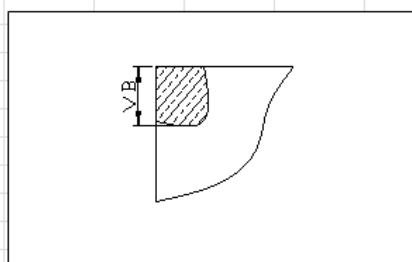
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření 3** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0D</b>	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

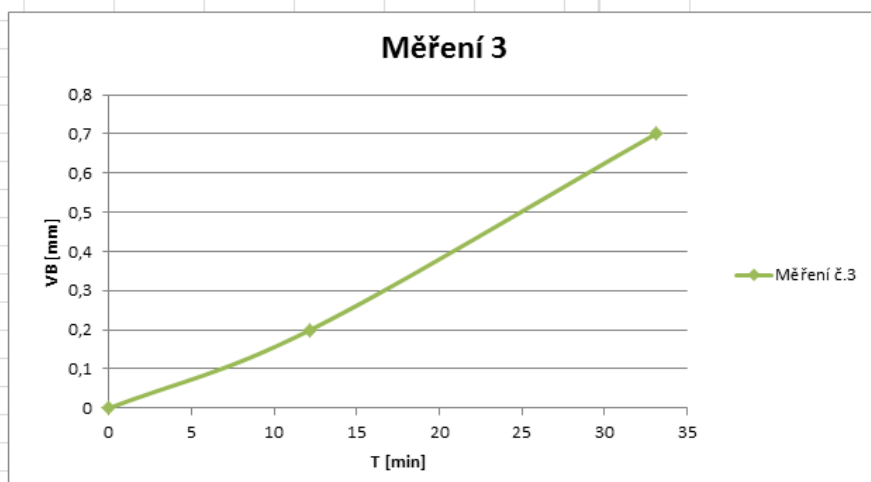
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3
velkost na refraktometru	1,67
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

3		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
293	12,2	0,2
794	33,1	0,7

L dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 33,1 min.

## Ekologické obrábění kapaliny nové generace

**Měření 4** trvanlivost nástroje při frézování- procesní kapalina: **ESOK 1.0D**

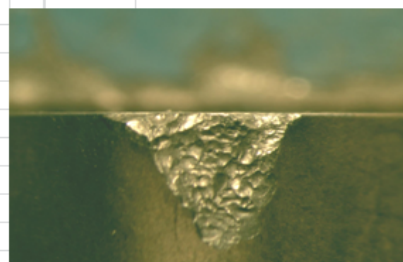
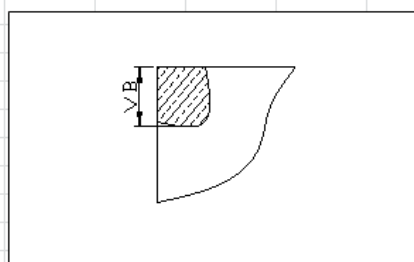
datum měření: 16.10.12

- obráběný materiál: **ČSN 17351**

měření provedl: prof. Popov, Schindelarz

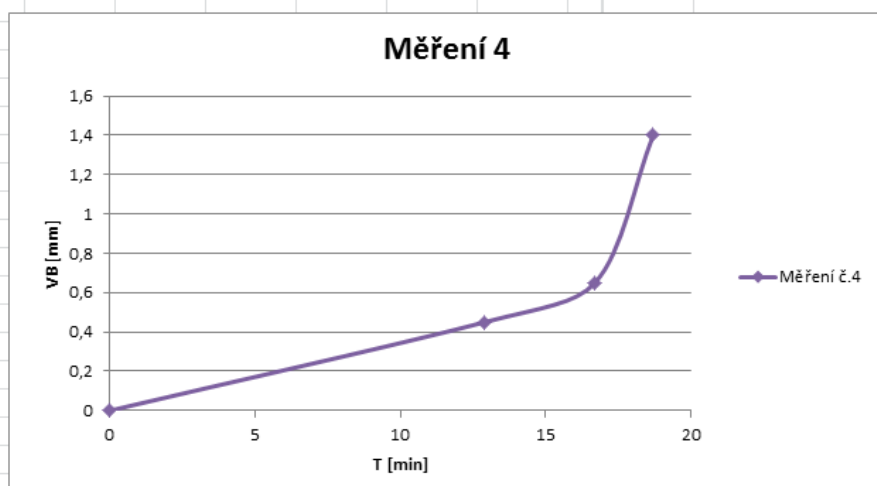
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 823C
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3
velkost na refraktometru	1,67
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VE

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

4		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
310	12,9	0,45
400	16,7	0,65
449	18,7	1,4

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 17,1 min.

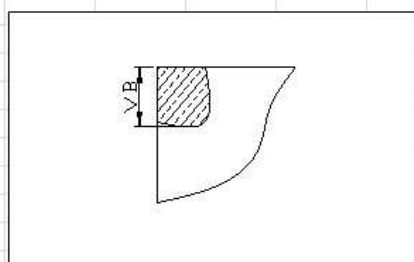
## Ekologické obrábění kapaliny nové generace

**Měření 5** trvanlivost nástroje při frézování

- procesní kapalina:	<b>ESOK 1.0D</b>	datum měření:	16.10.12
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17351</b>	měření provedl:	prof. Popov, Schindelarz

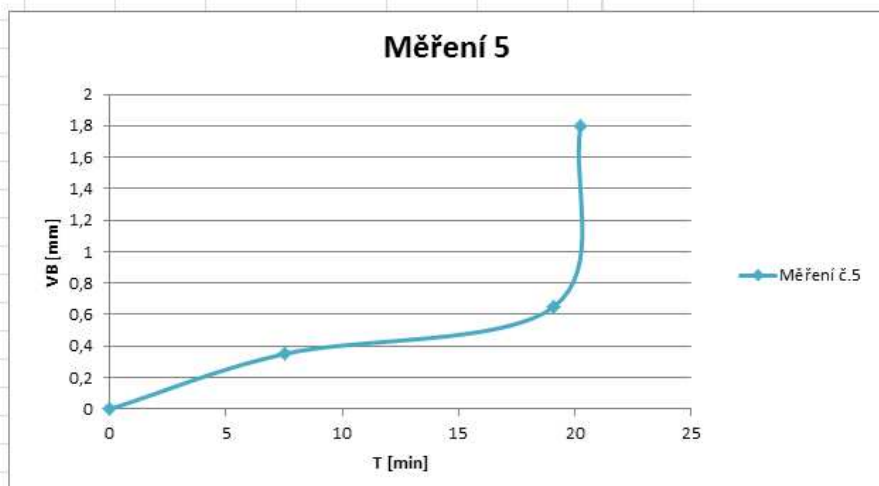
**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=63 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 823C
řezné podmínky	vc=47,5 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	25 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	3
velkost na refraktometru	1,67
kriterium opotřebení VBD	0,7 mm VE

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
180	7,5	0,35
460	19,1	0,65
486	20,25	1,8

L - dráha nástroje do místa měření

**Naměřené hodnoty - graf****Trvanlivost VBD**

V tomto měření jsme zjistili trvanlivost 19,4 min.